Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ciencias de la Alimentación

Desarrollo y diseño del proceso para la obtención de gel de *Aloe vera* en polvo mediante secado por Ventana Refractaria y su implementación a nivel industrial

Formulación y evaluación de proyectos

Ing. Carlos Chiarella

Ing. Eduardo Erbetta

Lic. Pedro Kohn

Autores:

Da Silveira Chiácchiera, Andrea Belén

Nieto Centurión, María Catalina

14 Noviembre 2025

Índice general

Parte I: Objetivos del Proyecto y Estudio de Mercado

Capítulo I: Introducción y objetivos del proyecto

Capítulo II: Estudio de mercado

Capítulo III: Localización y capacidad de planta

Parte II: Ingeniería del proyecto

Capítulo IV: Tecnología de secado

Capítulo V: Materias primas

Capítulo VI: Descripción del proceso

Capítulo VII: Balance de materia y energía

Capítulo VIII: Adopción de equipos y lay-out

Capítulo IX: Servicios Auxiliares

Capítulo X: Instalaciones eléctricas

Capítulo XI: Obras civiles

Parte III: Organización industrial

Capítulo XII: Estructura jurídica

Capítulo XIII: Estructura organizativa

Capítulo XIV: Personal

Parte IV: Aspectos económicos-financieros

Capítulo XV: Inversiones y análisis de costos

Parte V: Evaluación del proyecto y conclusiones

Capítulo XVI: Evaluación del proyecto y conclusiones

Parte VI: Anexos

Parte VII: Planos y diagramas

RESUMEN

Desarrollo y diseño del proceso para la obtención de gel de *Aloe vera* en polvo mediante secado por Ventana Refractaria y su implementación a nivel industrial

El presente trabajo evalúa la factibilidad técnica, económica y operativa de una planta destinada a producir polvo de gel *Aloe vera* 100:1 mediante secado por Ventana Refractaria (VR) en Yuquerí, Concordia, Entre Ríos, Argentina. El objetivo es obtener un ingrediente funcional de alta calidad (humedad 7 %), apto para mercados B2B (empresa-empresa). El diseño de proceso considera una alimentación de 36 kg/h de gel, 21 h/día de operación efectiva y 156 días/año de campaña, con un rendimiento real de 1,9 %, lo que se traduce en una producción de 2,2 t al año.

La validación experimental del método se efectuó mediante un diseño factorial 2^2 (temperatura del agua 80 y 90 °C; maltodextrina: 0 y 1 %), evaluando rendimiento de secado, humedad, actividad acuosa, color, pH del polvo reconstituido, capacidad antioxidante (ABTS, DPPH) y solubilidad. Los resultados muestran que con una temperatura de 80 °C sin maltodextrina maximiza rendimiento y retención de la capacidad antioxidante, por otro lado, utilizando 80 °C con 1% de maltodextrina se optimiza la estabilidad de color pero con un leve aumento de actividad acuosa.

La evaluación económica (WACC 20 %) arroja un VAN de USD 1,21 MM, TIR 34 % y PRI 4,06 años, con inversión inicial de USD 692.000 y márgenes operativos consistentes. El análisis de sensibilidad (±10 % en

precio y restricción de capacidad sin ampliaciones) confirma la solidez del caso base.

ABSTRACT

Process development and design for the production of *Aloe vera* leaf gel powder using Refractance Window drying and its implementation at industrial scale

This study assesses the technical, economic, and operational feasibility of a plant designed to produce 100:1 *Aloe vera* leaf gel powder by Refractance Window Drying (RWD) in Yuquerí, Concordia, Entre Ríos, Argentina. The objective is to obtain a high-quality functional ingredient (moisture 7%), suitable for B2B (business-to-business) markets. The process design assumes a feed of 36 kg/h of gel, 21 h/day of effective operation, and 156 days/year of campaign, with an actual yield of 1.9%, resulting in an annual output of 2.23 t per year.

Method validation was carried out using a 2^2 factorial design (water temperature: 80 and 90 °C; maltodextrin: 0 and 1%), evaluating drying yield, moisture content, water activity, color, pH of the reconstituted powder, antioxidant capacity (ABTS, DPPH), and solubility. Results indicate that 80 °C without maltodextrin maximizes yield and retention of antioxidant capacity; 80 °C with 1% maltodextrin optimizes color stability, but with a slight increase in water activity.

The economic assessment (WACC 20%) produces an NPV of USD 1.21 million, an IRR of 34%, and a payback period of 4,06 years, for an initial investment of approximately USD 0.90 million and consistent operating

margins. Sensitivity analysis (±10% in product price and capacity constrained without expansions) confirms the robustness of the base case.

PARTE I

Objetivos del proyecto y estudio de mercado

CAPÍTULO I

Introducción y objetivo

Índice

Introducción **2**
Objetivos **7**
Generales 7
Objetivos específicos 7
Bibliografía **8**

Introducción

El aloe, también llamado “áloe” o “sábila”, es un género de plantas suculentas perteneciente a la familia de las asfodeláceas o liliáceas, que cuenta con más de 400 especies conocidas. De estas, solo algunas, como *Aloe arborescens* Miller, *Aloe perryi* Baker, *Aloe ferox* Miller, *Aloe capensis* y, en particular, *Aloe barbadensis* Miller, poseen efectos beneficiosos para la salud debido a la presencia de sustancias con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antibacterianas en su composición (1)

El *Aloe barbadensis* Miller, más comúnmente llamado *Aloe vera*, es una planta perenne (sus hojas permanecen verdes y funcionales durante más de una temporada de crecimiento) compuesta en promedio por 12 a 16 hojas, las cuales pueden tener una longitud de entre 25 y 50 cm, dependiendo de la edad de la planta y las condiciones de cultivo. Sus hojas se caracterizan por ser verdes, rígidas y anchas; de forma lanceolada y dentadas con pinchos que sirven para protección a la planta; formando una roseta alrededor del tallo de la planta (2). La estructura de las hojas (figura 1) está compuesta principalmente por el exocarpio o corteza (20 a 30% del peso total de la planta), de color verde o verde azulado dependiendo de condiciones tales como: el lugar, el clima o nutrición de la planta; y por el parénquima, conocido más comúnmente como pulpa ó gel (65 a 80% del peso total de la planta), que se localiza en la parte central de la hoja.

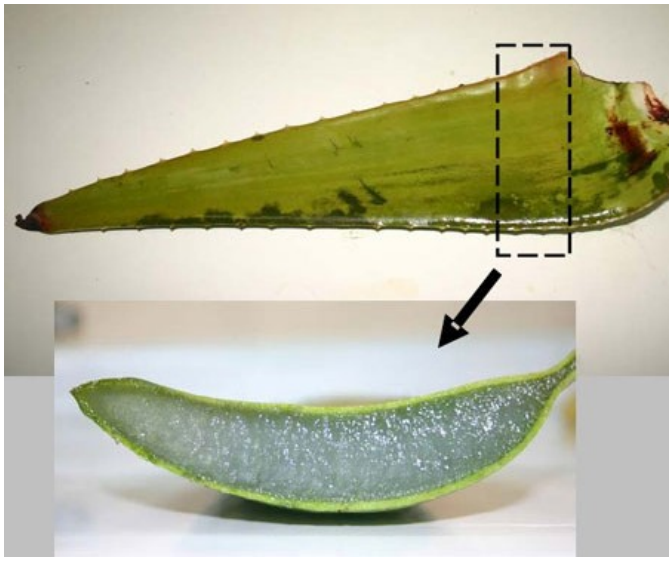


Figura 1. Hoja entera y corte transversal de Aloe vera.
Reproducido de "Estudio anatómico y composición química de hojas de Aloe vera", por M. Pérez y J. González, Revista Chilena de Nutrición, 32(3), 2005. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005

El *Aloe vera* es una materia prima de alto valor en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética por su contenido de polisacáridos (principalmente acemannano), antioxidantes, vitaminas, aminoácidos y minerales. Sin embargo, el gel presenta alta inestabilidad fisicoquímica y microbiológica: su elevado contenido de agua, la presencia de enzimas oxidativas y la sensibilidad térmica de los bioactivos aceleran su degradación. En este contexto, el secado se vuelve una operación unitaria clave para extender la vida útil, reducir costos logísticos y posibilitar formulaciones en polvo de mayor estabilidad.

Entre las tecnologías de secado disponibles actualmente, resultó de gran interés para el proyecto estudiar una tecnología de cuarta generación denominada secado por Ventana Refractaria (VR), ya que la misma promete

buenos resultados en cuanto a la calidad del producto que se puede lograr, el consumo energético del proceso y los costos de inversión, especialmente para su uso con matrices sensibles a la temperatura.

La tecnología de secado por Ventana Refractaria se remonta a la década de 1980, cuando Richard E. Magoon registró la patente, que describe el secado de pulpas y productos afines sobre una película polimérica acoplada térmicamente a una lámina de agua caliente. La industrialización y difusión de la tecnología fueron impulsadas por MCD Technologies, Inc. (Tacoma, Washington, EE.UU), mediante el desarrollo de equipos comerciales. A partir de los años 2000; la literatura académica, con aportes de Nindo y Tang, sistematizó los fundamentos de transferencia de calor y masa, caracterizó la cinética de secado y comparó el desempeño del VR con métodos alternativos (liofilización, spray), consolidándose como una alternativa emergente para matrices termosensibles.

El principio de VR se basa en transferir calor desde una lámina de agua caliente a través de una película polimérica delgada (Mylar®). Mientras el alimento a deshidratar en forma fluida se desplaza en una capa delgada sobre la película, la diferencia de energía térmica (alimento - medio calefactor) abre una ventana de alta transmisividad que promueve evaporación rápida del agua del alimento a temperaturas no mayores a 60-70°C en el sólido, minimizando el oscurecimiento, la pérdida de volátiles y la degradación de polisacáridos.

Con base en la aplicación de esta nueva tecnología de secado se pensó emplazar el proyecto en la comuna de Yuquerí, Concordia, Entre Ríos

(Argentina) donde se cuenta con una plantación experimental de *Aloe Barbadensis* Miller perteneciente a un productor local proveedor de la materia prima con quien se llevará adelante una propuesta de proyecto de industrialización. Este proyecto incorpora un esquema de vinculación con dos líneas complementarias: articulación con productores locales y la participación de estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias de la Alimentación. Este esquema persigue construir un ecosistema de aloe que integre proveedores de plantines, productores, planta de proceso, servicios logísticos y de mantenimiento, programas de extensión, para anclar el valor en la región y generar empleo calificado.

En los últimos años, la cadena del arándano ha atravesado ciclos de menor rentabilidad, lo que dejó lotes en desuso y productores con capacidad organizativa. En este escenario, el *Aloe vera* se plantea como una alternativa de implantación viable para la región: es un cultivo rústico, perenne, con requerimientos hídricos moderados y cosecha fraccionada, que puede diversificar el riesgo productivo de pequeños y medianos productores y aprovechar infraestructura existente.

La estrategia no se limita a la producción primaria; sino que se propone industrializar localmente el gel de aloe para capturar valor agregado en origen, evitando la venta de materia prima a granel y favoreciendo un encadenamiento regional (viveros, servicios de cosecha, logística, mantenimiento, insumos de empaque). La planta de secado por Ventana Refractaria se proyecta como un eslabón central de esta cadena, articulando con la oferta primaria y con la demanda empresa-empresa (B2B) de ingredientes funcionales.

Este trabajo presenta el diseño de una planta de producción de polvo de *Aloe vera* mediante VR, orientada a mercados B2B (ingrediente funcional) y alineada con HACCP y marcos regulatorios nacionales (CAA) e internacionales (IASC). El proyecto integra ingeniería de procesos, servicios auxiliares, obras civiles, ingeniería eléctrica, seguridad e higiene y evaluación técnico-económica para determinar la viabilidad de la planta.

Objetivos

Generales

1. Seleccionar el método de secado más conveniente para la obtención de polvo de *Aloe vera*, con el fin de preservar la calidad del producto.
2. Evaluar la factibilidad de implementación de una planta procesadora de *Aloe vera* en polvo en la localidad de Yuquerí, Concordia, Entre Ríos.

Objetivos específicos

1. Realizar ensayos a escala laboratorio.
2. Analizar estadísticamente los resultados de los ensayos a escala laboratorio para la optimización del proceso de secado.
3. Evaluar el efecto de distintos parámetros de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polvo de *Aloe vera*.
4. Analizar la influencia de la incorporación de maltodextrina en la calidad final del producto.
5. Realizar análisis fisicoquímicos del polvo obtenido para determinar su propiedades.
6. Determinación del rendimiento real del proceso.
7. Validar el método de secado seleccionado para la calidad de producto buscada.
8. Determinar la factibilidad económica y técnica del proyecto.

Bibliografía

(1) Minjares-Fuentes, R., Femenía, A., Comas-Serra, F., & Rodríguez-González, V. M. (2018). *Compositional and structural features of the main bioactive polysaccharides present in the Aloe vera plant*. *Journal of AOAC International, 101*(6), 1711–1719. https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0119

(2) Domínguez-Fernández, R. N., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Welti-Chanes, J. S., Alvarado-González, J. S., Calderón-Domínguez, G., Garibay-Febles, V., & Gutiérrez-López, G. F. (2012). *El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 11(1), 23-43. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

CAPÍTULO II

Estudio de mercado

Índice

Modelo de negocio **1**
Estado y tendencia de la industria **4**
Crecimiento del mercado 5
Mercado mundial de Aloe vera en polvo 6
Mercado nacional 7
Demanda **9**
Clientes objetivos 9
Tamaño del mercado 10
Oferta **10**
Competencia 10
Análisis de la Competencia 12
Productos sustitutos 13
Comercialización **14**
Canales de venta 14
Estrategia de comercialización 14
Disponibilidad de materia prima 15
Precio de venta 15
Análisis F.O.D.A **16**
Bibliografía **17**

Modelo de negocio

El modelo de negocio se enmarca en una estrategia de venta empresa a empresa (B2B) orientada al suministro de un ingrediente natural y versátil: polvo de *Aloe vera* grado alimentario obtenido por deshidratación controlada de la pulpa. La materia prima presenta una matriz compleja que incluye vitaminas A, C y E (antioxidantes), vitaminas del complejo B, minerales como calcio, magnesio, zinc y potasio, además de siete de los ocho aminoácidos esenciales; se destacan compuestos bioactivos como los derivados de hidroxiantracénicos (DAH), el acemanano y las saponinas.

El formato en polvo fino facilita su incorporación en múltiples aplicaciones: suplementos dietarios, polvos bebibles, premezclas alimenticias y bebidas funcionales. Se presenta como un insumo natural, altamente concentrado y con gran variedad de beneficios a la salud reportados, lo que lo convierte en un ingrediente funcional de alto valor agregado. Su diferencial radica en ser un producto natural y sin aditivos, que cuenta con certificaciones de calidad del International Aloe Science Council (IASC) y libre de gluten.

Para lograr el objetivo propuesto será necesaria una inversión inicial destinada al montaje de la planta, compra de maquinarias e insumos, mano de obra, además del diseño del proceso y el desarrollo del producto, junto con un plan de capital de trabajo y procesos de certificaciones y auditorías.

Los clientes objetivos son empresas fabricantes de alimentos y bebidas funcionales y de suplementos dietarios que utilizan ingredientes naturales.

La estrategia para llegar a los clientes se basará en asesorías técnicas especializadas. Ofreciendo a los clientes información científica sobre las propiedades del *Aloe vera*, recomendaciones de uso en formulaciones, asesoramiento sobre normativas regulatorias y soporte técnico en la incorporación del producto en diferentes matrices. Buscaremos desarrollar una relación profesional que se base en la confianza, respaldada por la evidencia técnica y las certificaciones de calidad de nuestro producto.

Las ventas se realizarán a través de distribuidores mayoristas especializados en materias primas para la industria alimentaria y exportadores de insumos naturales, que facilitarán la llegada del producto a mercados internacionales.

Las actividades críticas para nuestro negocio incluyen un riguroso control de calidad en todas las etapas del proceso productivo, gestión de registros y certificaciones, gestión logística y de distribución nacional e internacional, estrategias de marketing técnico, orientadas a resaltar los aspectos principales del producto como ingrediente funcional e innovador en el mercado, gestión financiera y legal, para asegurar el cumplimiento de las normativas y la sostenibilidad del negocio.

Los recursos clave para llevar a cabo este proyecto son, en un principio, optimizar la tecnología de secado y procesamiento para garantizar la obtención de un polvo de buena calidad y con el mayor rendimiento posible. También es necesario contar con un equipo técnico especializado en control de calidad, inocuidad alimentaria y producción, y con estrategias de marketing técnico y científico eficaces, que permitan posicionar el producto en el segmento al que se apunta.

Para poder poner en marcha el modelo planteado son asociados clave los proveedores de equipos necesarios para el procesamiento, laboratorios de análisis y certificación que garanticen la estandarización y validación del producto, universidades y centros de investigación como grandes aliados en el desarrollo y validación científica del producto, certificadoras internacionales (IASC, libre de gluten), distribuidores y exportadores, que faciliten la llegada al mercado objetivo, profesionales y referentes del sector (nutricionistas, médicos naturistas, investigadores), que actúen como prescriptores del producto.

Los principales costos del modelo de negocio son mano de obra directa e indirecta, servicios auxiliares, transporte y logística, impuestos y certificaciones internacionales, que representan un costo relevante pero necesario para la diferenciación en el mercado.

El ingreso principal del producto al mercado será por venta mayorista a industrias alimentarias y distribuidores internacionales, con listas de precios por concentración y escalas de volumen. La política comercial definirá un precio piso calculado respecto al precio en el mercado de productos similares en concentración y calidad.

La comunicación de marca se apoya en evidencia técnica, transparencia documental y trazabilidad, reforzada por alianzas con laboratorios, certificadoras, universidades y operadores logísticos para garantizar cumplimiento y confiabilidad a lo largo de toda la cadena.



Figura 1. Canva de modelo de negocio para polvo de Aloe vera.

Estado y tendencia de la industria

El mercado de productos naturales y funcionales ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años debido a la mayor conciencia de los consumidores sobre la salud y el bienestar. Dentro de este contexto, el *Aloe vera* es reconocido como un potencial ingrediente para este tipo de productos gracias a sus amplios beneficios reportados.

En la industria alimentaria el polvo de aloe se emplea como ingrediente en bebidas saludables, suplementos alimenticios y snacks.

Crecimiento del mercado

La industria del *Aloe vera* ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Se espera que el mercado continúe expandiéndose a medida que más consumidores cambien sus preferencias

de consumo de alimentos ultraprocesados por aquellos con una etiqueta limpia y que aporten algún beneficio para su salud.

El mercado global de extracto de *Aloe vera* experimentó un crecimiento notable, con una tasa compuesta anual del 7,2% en el período 2019-2024. Este incremento se debe principalmente a la creciente conciencia sobre las propiedades medicinales del *Aloe vera* en el tratamiento de enfermedades (1). A su vez, es conocido por mejorar la digestión, la inmunidad y la salud de la piel, lo que impulsa su uso en suplementos dietéticos y bebidas funcionales (2).

Los organismos reguladores, como el Consejo Internacional de Ciencias del Aloe (IASC), están fomentando la producción al certificar a productores y procesadores. Esta certificación promueve el uso de la planta en una amplia gama de productos como geles, líquidos, cápsulas, polvos y aceites. Estas formas se aplican en las industrias farmacéutica, alimentaria y de cuidado personal (1).

Geográficamente, Asia-Pacífico domina el mercado global, impulsado por una mayor conciencia sobre sus beneficios. Países como China e India lideran la demanda en la región, especialmente en las industrias farmacéutica y cosmética. Además, la industria de alimentos funcionales ha estado creciendo de manera constante, lo que impulsa aún más el crecimiento del mercado en esta región (3).

Mercado mundial de *Aloe vera* en polvo

El mercado global de *Aloe vera* en polvo está liderado por países como Corea, China, India, México y Tailandia. Se estima que el mercado global alcanzará aproximadamente 24 mil millones de dólares para 2032,

creciendo a una tasa compuesta anual (CAGR) del 7,50% durante este periodo (3).

El ecosistema de demanda y uso de polvo de *Aloe vera* se compone de fabricantes de marca propia, envasadores por contrato y distribuidores de ingredientes que operan en volúmenes comerciales y especificaciones técnicas estandarizadas.

En los últimos años, se ha vuelto tendencia la utilización de ingredientes certificados como orgánicos y producidos de manera sostenible, por ende, la demanda incrementó significativamente (5).

La exportación de *Aloe vera* en polvo enfrenta regulaciones estrictas relacionadas con la calidad y seguridad del producto, especialmente en mercados desarrollados. Existen normativas referidas a la calidad e inocuidad del producto avaladas con certificaciones como USDA Organic e IASC. Las cuales son esenciales para acceder a mercados internacionales y competir con los productos que ya se encuentran a la venta.

Mercado nacional

En Argentina, el mercado de insumos de *Aloe vera* para uso alimentario se caracteriza por una oferta primaria fragmentada, con productores y emprendimientos de pequeña y mediana escala distribuidos principalmente en la Mesopotamia y otras regiones aptas, y por una industrialización orientada históricamente a jugos, extractos líquidos y aplicaciones cosméticas. La producción de polvo grado alimenticio existe, pero su presencia es acotada y no alcanza, por el momento, a sustituir la demanda de la industria, que se abastece mayoritariamente mediante

importaciones y su posterior redistribución a través de distribuidores nacionales (9).

Las perspectivas futuras prevén que los productores argentinos aumenten su capacidad productiva, con algunos planes para incrementar hasta 35,000 plantas en producción. Hay un potencial significativo para exportar productos a mercados como Europa y Estados Unidos, donde la demanda es alta y los precios son más favorables que en el mercado interno (6).

Desde el punto de vista aduanero y estadístico, la clasificación arancelaria empleada habitualmente para los productos de aloe, según tipo y grado de elaboración, se encuadra en la Nomenclatura Común del Mercosur 1302 (jugos y extractos vegetales), con mención específica del aloe en las Notas Explicativas. No obstante, existe heterogeneidad en la práctica internacional y en bases de comercio al utilizar subpartidas o códigos alternativos para preparados, lo que dificulta la consolidación de datos comparables. Por ello, en los análisis de tamaño de mercado resulta prudente trabajar con rangos por destino y validar volúmenes mediante fuentes múltiples y, cuando es posible, con contrastes de partidas y descripciones de mercancía (18).

En términos de desarrollo sectorial, la mejora de competitividad local requiere contratos de aprovisionamiento con especificaciones de hoja (tamaño, estado fisiológico, tiempos máximos hasta proceso), asistencia técnica a campo, logística de corta distancia para preservar compuestos bioactivos y una plataforma industrial con control analítico robusto (contenido de polisacáridos, límites de hidroxiantacenósidos, parámetros microbiológicos y fisicoquímicos) y sistemas de gestión de inocuidad. La

proximidad a la materia prima y la estandarización agronómica son palancas para reducir mermas y asegurar previsibilidad fabril (9). Si bien no forma parte estricta del mercado, resulta pertinente señalar un aspecto regulatorio con impacto en la competitividad exportadora: en la Unión Europea, decisiones judiciales recientes han reconfigurado el tratamiento de preparados con derivados de hidroxiantracénicos (DAH), lo que obliga a un seguimiento cercano de los límites y criterios aplicables al *Aloe vera*. A nivel local, ello se traduce en la necesidad de contar con métodos analíticos validados y documentación trazable que acrediten el cumplimiento cuando se orientan ventas a clientes europeos. Incorporar explícitamente estos requisitos en la especificación técnica y en el dossier regulatorio eleva la elegibilidad del producto en mercados de alto estándar.

Demanda

Clientes objetivos

El mercado objetivo para este tipo de producto incluye a los fabricantes de alimentos interesados en incorporar aloe en polvo a formulaciones para elaborar alimentos funcionales y suplementos dietéticos.

Tamaño del mercado

El mercado global de polvo de *Aloe vera* de grado alimenticio, en 2023 se estimó en aproximadamente 12400 toneladas, según datos de importación reales (19). Los dos principales países compradores, Estados Unidos y Ucrania, concentraron más del 50 % de estos volúmenes importados, con alrededor de 12200 t y 8000 t respectivamente

(estimación basada en envíos) (20). Otros países relevantes incluyen India, varios países europeos (Italia, Reino Unido, Francia) y Latinoamérica, que conjuntamente suman una porción menor del mercado. Para cubrir el resto, se puede considerar un margen adicional del 20–25 % para el segmento de importadores menores (19,20).

Oferta

Competencia

Realizar un análisis de competencia para la evaluación de precios, calidad y estrategias de marketing de los competidores es esencial para identificar oportunidades de diferenciación. Las empresas deben analizar cómo los competidores posicionan sus productos y qué tácticas utilizan para atraer a los consumidores, lo que puede informar las propias estrategias de marketing y ventas.

Entre los principales competidores en el mercado internacional se encuentran grandes empresas que ofrecen polvo de *Aloe vera* 100:1 de alta calidad. Los mismos se detallan a continuación:

1. Aloecorp (EE. UU.)

Es un proveedor global con posicionamiento premium que atiende los mercados de bebidas funcionales, suplementos y alimentos, operando con un volumen estimado anual en el rango de 500 a 800 t. Su esquema de aseguramiento incluye BPM, HACCP e ISO 22000, y cuenta con historial de exportación a Europa y Asia, lo que respalda su elegibilidad en destinos exigentes (13).

2. Forever Living Products (EE. UU./Global)

Integra verticalmente la cadena y utiliza materias primas con certificaciones ISO 22000 y orgánicas para su propio catálogo de nutracéuticos y bebidas, con un volumen anual estimado de 400 a 700 t.
Su modelo de marca propia refuerza la estabilidad de la demanda y el control sobre la calidad especificada para formulaciones terminadas.

3. Natural Aloe Costa Rica S.A. (Costa Rica)

Orienta su producción a la exportación hacia Estados Unidos y Europa, con foco en aplicaciones de alimentos y bebidas funcionales. Opera con un volumen estimado de 200 a 400 toneladas por año, alineando su oferta con requerimientos de inocuidad y desempeño típicos del canal B2B.

4. Herbalife International (EE. UU./Global)

Actúa como demandante estable en el segmento de suplementos y nutrición, manejando un rango de 150 a 300 toneladas anuales.

En Argentina, varias empresas se dedican a la industrialización de *Aloe vera* en polvo, un insumo con gran demanda en diferentes industrias. *Química Industrial Argentina* es una de las empresas destacadas, se especializa en la venta y distribución para la industria cosmética (13). *DHACAM - Argentina*, ubicada en Buenos Aires, se dedica a la producción de polvo, sus principales clientes son empresas cosméticas y laboratorios (14). También se destaca *ALOAR*, una empresa radicada en la provincia de Santa Fe, cultiva y procesa el polvo. Su línea de productos incluye extractos líquidos y polvo liofilizado, orientados al mercado alimenticio, farmacéutico y cosmético (15). Por otro lado, *Jual* es una empresa dedicada al procesamiento de diferentes variedades de *Aloe vera*, se enfoca en jugos bebibles y cosmética orgánica. Se asociaron con

productores de Calchaquí, Santa Fe, formando *Aloe Calchaquí SRL*, una planta procesadora-extractora donde se elabora el jugo de aloe vera bebible JUAL y productos e insumos de aloe para la industria cosmética (16).

Productos sustitutos

Suplementos naturales como la espirulina, chlorella y productos a base de hierbas pueden ser considerados como sustitutos del *Aloe vera* en polvo. Estos productos también se comercializan como opciones saludables y pueden atraer a consumidores que buscan alternativas.

El polvo propuesto está destinado a productores de jugos, batidos y otros alimentos funcionales, que buscan ingredientes saludables para mejorar la calidad nutricional de sus productos, así como también para aquellos que buscan ofrecerlo como suplemento alimenticio. Se puede utilizar en la formulación de bebidas energéticas, batidos detox y entre otros, aprovechando sus propiedades beneficiosas para la salud digestiva y la hidratación o consumirlo directamente como un suplemento en polvo en presentación cápsulas.

La propuesta de valor de este proyecto se centra en proporcionar un producto de alta calidad, con certificaciones, libre de contaminantes y versátil. El producto debe presentarse como un polvo de gel de *Aloe vera* altamente concentrado (100:1), con parámetros de calidad controlados (humedad, actividad acuosa, antioxidantes, color y solubilidad), y respaldado por certificaciones de calidad internacionales (ISO 9000, IASC, FDA) y una etiqueta limpia, orientada a seguir las tendencias de consumo actuales.

Comercialización

Será de gran importancia el envío de documentación técnica junto con certificados de análisis, la distribución de muestras a potenciales clientes y la disponibilidad de una web corporativa con fichas técnicas descargables, certificados visibles y comparativas de calidad frente a otros proveedores.

Canales de venta

Los canales para la venta de polvo de *Aloe vera* 100:1 en el mercado B2B incluyen la venta directa a fabricantes de suplementos, bebidas y alimentos funcionales, los distribuidores internacionales de ingredientes y las plataformas digitales B2B que ofrecen visibilidad global inmediata (Alibaba, Global Sources, Tradekey)

Estrategia de comercialización

La promoción del producto se realizará en ferias internacionales especializadas (Vitafoods, SupplySide West, Fi Europe) para posicionar el producto y generar contactos con compradores estratégicos. También será de suma importancia generar alianzas con empresas para asegurar una demanda recurrente al integrar el polvo en sus formulaciones estándar.

Disponibilidad de materia prima

La empresa contará con una plantación propia y a su vez se prevé que será abastecida en un futuro por productores locales que cumplan con los estándares de calidad de la materia prima. Esto se logrará por convenio con los productores para abastecerlos con los plantines que

cumplan con las especificaciones para, una vez desarrollados y cosechados, satisfagan la calidad deseada por la industria y sean pagados al precio acordado entre ambos. Esto implica múltiples beneficios como la cercanía, debido a que la planta debe ser procesada rápidamente luego de su cosecha para evitar pérdida de nutrientes. Además, permite la cosecha periódica para no tener necesidad de grandes cámaras frigoríficas.

Precio de venta

El análisis parte de un referente de mercado productos ACTIValoe® Qmatrix® de Aloecorp, que declaran explícitamente uso de la tecnología de secado por Ventana Refractaria y especificaciones de concentración, y lo traduce a un rango adecuado para 100:1 en canal B2B (21).

En la oferta pública de Aloecorp, ACTIValoe® Aloe Vera Gel Qmatrix® QM 200:1 se comercializa como polvo 200:1 (malla 80) y como escamas 200:1 (malla 10) obtenidos por Qmatrix®, tecnología propietaria de secado VR, con garantía de ≥10 % de polisacáridos en base seca. Como es habitual en B2B no publican precio.

Para tener referencia de un precio observable, es necesario tener en cuenta los revendedores minoristas que ofrecen el mismo ingrediente al por menor. En ese canal aparecen, a título de referencia, dos ofertas: USD$ 450/kg para *Aloe vera* gel escamas 200:1 (Qmatrix) (22), y US$ 690/kg para *Aloe vera* gel escamas orgánico 200:1 (Qmatrix) (23). Estas cifras sirven como referencia minorista para luego proyectar un equivalente mayorista.

El producto de nuestra empresa no contempla certificación orgánica. Considerando que de manera genérica la ganancia minorista es del 150%,

se sitúa el costo mayorista en USD $300/kg considerando que el producto de referencia posee el doble de concentración. Por tanto el precio estimado para nuestro polvo de *Aloe vera* 100:1 ronda los USD $150/kg.

Análisis F.O.D.A

Fortalezas:

Producto versátil y de creciente demanda a nivel internacional.

Tendencia creciente hacia productos naturales.

Producto natural y saludable con propiedades beneficiosas.

Posibilidad de diversificación en aplicaciones.

Oportunidades:

Crecimiento del mercado de productos saludables y funcionales.

Expansión en mercados emergentes.

Innovación en presentaciones y aplicaciones del producto.

Expansión en mercados internacionales.

Aumento en la conciencia sobre la salud y el bienestar.

Escasez de empresas dedicadas a la industrialización del producto en Argentina.

Debilidades:

Altos costos iniciales de producción, certificación y logística.

Estacionalidad de la materia prima.

Competencia de productos sustitutos y marcas establecidas en el mercado mundial.

Ubicación geográfica del lugar de producción frente al mercado internacional.

Amenazas:

Regulaciones internacionales estrictas.

Competencia con otros ingredientes funcionales.

Cambios en las regulaciones de importación y exportación.

Competencia creciente en el mercado de productos naturales.

Bibliografía

(1) Mordor Intelligence. (s.f.). Aloe vera extract market - Growth, trends, and forecasts (2019-2024). Recuperado de https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/aloe-vera-extract-market

(2) The Insight Partners. (s.f.). *Aloe vera products market: Growth, trends, and forecast (2023-2031)*. Recuperado de https://www.theinsightpartners.com/es/reports/aloe-vera-products-market

(3) Business Research Insights. (2024). *Aloe vera market report 2024-2032*. https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/aloe-vera-market-118328

(4) The Brainy Insights. (2022). *Aloe Vera Market Size, Growth, Report 2022-2030*. Recuperado de https://www.thebrainyinsights.com/report/aloe-vera-market-12779

(5) WiseGuy Reports. (2024). *Mercado de polvo de aloe vera*. Recuperado de https://www.wiseguyreports.com/es/reports/aloe-vera-powder-market

(6) Bocchio, R. (2022). *El aloe vera: un producto que abre mercados*. La Nación. Recuperado de https://www.lanacion.com.ar

(7) Mordor Intelligence. (2024). *Aloe Vera Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2024 - 2029)*. Recuperado de https://www.mordorintelligence.com

(8) CONICET. (2021). *Complejo agroalimentario de Aloe: Desafíos y oportunidades para La Pampa*. Recuperado de https://www.conicet.gov.ar

(9) Informes de Expertos. (2024). *Mercado Latinoamericano de Aloe Vera: Informe, Análisis 2024-2032*. Recuperado de https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-aloe-vera

(10) Global Market Insights. (s.f.). *Aloe vera extract market size, share and industry analysis*. Recuperado de https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/aloe-vera-extract-market

(11) Kings Research. (2024). *Tamaño del mercado de extracto de aloe vera*. Recuperado de https://www.kingsresearch.com/es/aloe-vera-extract-market-156

(12) Aloecorp. (s.f.). *World's Largest Producer of Aloe Vera Ingredients*. Recuperado de https://aloecorp.com/

(13) DHACAM. (s.f.). *Productos naturales: Aloe vera*. Recuperado de https://www.dhacam.com.ar

(14) Química Industrial Argentina. (s.f.). *Aloe Vera en polvo*. Recuperado de https://www.quimicaindustrialargentina.com

(15) ALOAR. (s.f.). *Nuestra producción*. Recuperado de https://www.aloar.com.ar

(16) Vietri, J. (2021, 6 de septiembre). Unos mates con… Juliana Vietri. OIA. Recuperado de https://www.oia.com.ar/index.php/unos-mates-con-juliana-vietri/

(17) UADE. (2019). *Informe CIS 2019 N° 6: Salud y Alimentación Saludable*. Recuperado de

https://www.uade.edu.ar/media/3klhrenp/informe-cis-2019-n-6-salud-y-alimentaci%C3%B3n-saludable-issn-2618-2173.pdf

(18) Volza. (2025). *Import data of Aloe Vera Powder*. Recuperado de https://www.volza.com

(19) Zauba. (2025). *Buyers of Aloe Vera Powder*. Recuperado de https://www.zauba.com

(20) Aloecorp. (2019, noviembre). *Aloe processing technology* [PDF]. https://aloecorp.com/wp-content/uploads/2019/11/Qmatrix-Processing-.pdf

(21) https://www.theamericangringo.com/products/horticultural-aloe-vera-gel-flakes-200x?variant=47083187208442

(22) https://buildasoil.com/products/organic-aloe-vera-powder-flakes?srsltid=AfmBOorAiBViU_mo9H1HL063EBqfv1ON4Jj51jIK9M7VFAfQtMG8bcQ2&utm

CAPÍTULO III

Localización y capacidad de planta

Índice

Introducción **2**
Macrolocalización **2**
Disponibilidad de materia prima 3
Cercanía al mercado 4
Accesos a Entre Ríos 5
Accesos Nacionales por Ruta 5
Accesos Provinciales 6
Accesos Fluviales 6
Microlocalización **7**
Vías de acceso 8
Accesos por Rutas Nacionales y Provinciales 8
Accesos Internacionales 9
Transporte Ferroviario 9
Acceso Aéreo 9
Mano de obra 10
Servicios Auxiliares 11
Agua 11
Energía eléctrica 12
Residuos e impacto ambiental 13
Residuos sólidos (corteza y espinas) 13
Aguas residuales del lavado 13
Aguas residuales del secado 14
Destino del agua descartada 14
Estudio de la capacidad de planta **14**
Cantidad de polvo por día: 16
Cantidad de polvo por zafra y por mes: 16
Bibliografía **18**

Introducción

El proyecto tiene como objetivo la instalación de una planta de procesamiento de *Aloe vera* para la producción de polvo a partir del gel del mismo. Se propone ubicar la planta de procesamiento en la localidad de Yuquerí, Concordia, Entre Ríos, Argentina, aprovechando las ventajas estratégicas de esta región.

En este capítulo se analizarán diversos criterios de macro y micro localización que influyen en las ventajas competitivas y la rentabilidad del proyecto.

La provincia de Entre Ríos está situada en la región centro-este de la República Argentina, con una superficie de 78.781 km². Limita al norte con la provincia de Corrientes, al este con la República Oriental del Uruguay, al sur con la provincia de Buenos Aires y al oeste con la provincia de Santa Fe. Geográficamente, forma parte de la Mesopotamia Argentina e integra junto con Córdoba y Santa Fe la Región Centro del país (1).

Concordia es una de las ciudades más importantes de la provincia de Entre Ríos. Tiene una superficie de 3.259 km² y una población aproximada de 198.802 habitantes (censo 2022). Está ubicada estratégicamente sobre el río Uruguay, lo que le otorga facilidades logísticas y de conectividad tanto con el mercado nacional como con los países vecinos, en especial Uruguay y Brasil (2).

Macrolocalización

El capítulo se centra en evaluar los siguientes criterios en la provincia de Entre Ríos:

Disponibilidad de materia prima

Aloe barbadensis Miller (*A. barbadensis*) es considerada originaria de la Península Arábiga, con evidencia botánica y genética que señala poblaciones relictas en la cordillera de Hajar, principalmente en Omán y el noreste de los Emiratos Árabes Unidos; desde allí se difundió y se naturalizó ampliamente en regiones cálidas de todo el mundo. China, también se destaca por su tradición y por la superficie, se cultivan unas 6500 hectáreas.

Actualmente, la plantación es liderada por México, con un 34% de la producción global. Otros países productores de América son Honduras y República Dominicana. Los mercados más atractivos para la comercialización de los productos derivados son Estados Unidos, España, Francia, Reino Unido, Alemania, Italia, Japón, Corea, entre otros (4).

En Argentina el cultivo de *Aloe vera* se inició durante la década del 90. Las provincias pioneras fueron Córdoba y Santa Fe, pero con la variedad *Saponaria*. En Misiones, Corrientes, Mendoza, Santiago del Estero, Chaco, Entre Ríos, Formosa, Buenos Aires y Tucumán el nivel de producción es considerablemente menor y con mayor diversificación de variedades (*Saponaria, Barbadensis, Arborescens, Millar*) (3).

Las principales zonas cultivadas con *Aloe saponaria* se localizan en las provincias de Córdoba y Santa Fe. En esa región, están ubicadas además las principales empresas de procesamiento e industrialización. En el caso de *A. barbadensis*, hoy se encuentra disperso en unidades pequeñas y medianas del NEA (Misiones, Corrientes, Chaco, Formosa,

Entre Ríos), NOA (Santiago del Estero, Tucumán), Cuyo (Mendoza, San Juan) y en menor medida Buenos Aires (4).

Hasta 2003 la demanda registraba, según estimaciones de informantes calificados, un consumo de alrededor de 150 t anuales, de las cuales un 60% se abastecía de la importación. En cambio, la producción local de aloe tiene todavía una relevancia escasa; se calcula que la superficie promedio por productor, está entre media y una hectárea (4).

Si bien la provincia de Entre Ríos no se encuentra entre las regiones con mayores plantaciones de *Aloe vera*, sus tierras poseen las características edafoclimáticas adecuadas para el óptimo crecimiento de esta planta (4). Por esta razón, se plantea la instalación de una planta industrial destinada a la transformación y procesamiento del gel, con el objetivo de incentivar a los productores locales a diversificar sus cultivos e incursionar en la producción de esta especie, generando así nuevas oportunidades económicas y fomentando el desarrollo agroindustrial en la región.

Cercanía al mercado

Concordia se ubica aproximadamente a 430 km al norte de la ciudad de Buenos Aires sobre el margen derecho del Río Uruguay. Cuenta con una serie de importantes vías de acceso, entre las que se destacan la Autovía General Artigas que posibilita una rápida y segura vinculación con el resto del país, convirtiéndose en la principal vía de comunicación nacional como internacional. La proximidad de la Represa de Salto Grande le proporciona el acceso directo a la República Oriental del Uruguay (2).

Accesos a Entre Ríos

La provincia cuenta con una red de accesos viales y fluviales que facilitan la comunicación interna y la conexión con otras provincias y con países vecinos. A continuación, se detallan los accesos principales:

Accesos Nacionales por Ruta

- Ruta Nacional N° 12: Es uno de los principales corredores viales del país. Ingresa a Entre Ríos desde la provincia de Buenos Aires a través del Complejo Ferrovial Zárate-Brazo Largo (Puentes Zárate-Brazo Largo), cruzando el Río Paraná. Recorre la provincia de sur a norte pasando por ciudades como Ceibas, Gualeguay, Paraná (capital provincial) y La Paz. Es la vía principal para llegar a Entre Ríos desde la región pampeana.
- Ruta Nacional N° 14 (Autovía): Es la vía principal para el transporte internacional y de cargas. Corre paralela al Río Uruguay y conecta la provincia con Corrientes al norte y Buenos Aires al sur. Pasa por ciudades importantes como Gualeguaychú, Concepción del Uruguay, Colón, Concordia y Chajarí. Es un tramo fundamental del Mercosur, facilitando el comercio con Brasil y Uruguay.
- Ruta Nacional N° 18: Cruza la provincia de oeste a este, uniendo las ciudades de Paraná y Concordia. Es una ruta estratégica que conecta la Ruta Nacional N° 12 con la Ruta Nacional N° 14, facilitando la comunicación interna y el acceso a Uruguay.
- Ruta Nacional N° 127: Conecta Entre Ríos con Corrientes al norte y la provincia de Santa Fe al oeste. Es utilizada para el transporte de productos agropecuarios.

Accesos Provinciales

Además de las rutas nacionales, Entre Ríos cuenta con rutas provinciales que complementan la red vial y permiten una mejor conectividad entre localidades:

- Ruta Provincial N° 11: Corre de norte a sur, paralela al Río Paraná, uniendo las ciudades de La Paz, Paraná, Victoria y Gualeguay.
- Ruta Provincial N° 39: Atraviesa la provincia de este a oeste, conectando Concepción del Uruguay con Caseros, Rosario del Tala y Victoria.
- Ruta Provincial N° 6: Cruza la provincia longitudinalmente de norte a sur, facilitando la comunicación interna y conectando con las rutas nacionales principales.

Accesos Internacionales

La provincia de Entre Ríos posee puentes internacionales que la conectan con la República Oriental del Uruguay a través del Río Uruguay. Estos accesos son claves para el comercio internacional:

- Puente Internacional Libertador General San Martín: Une las ciudades de Gualeguaychú (Argentina) con Fray Bentos (Uruguay).
- Puente Internacional General Artigas: Conecta Colón (Argentina) con Paysandú (Uruguay).
- Puente Internacional Salto Grande: Une Concordia (Argentina) con Salto (Uruguay). Es parte del complejo hidroeléctrico de Salto Grande y facilita el tráfico internacional de cargas.

Accesos Fluviales

El Río Paraná y el Río Uruguay son las principales vías fluviales de la provincia:

- Río Paraná: Es navegable y conecta la provincia con el puerto de Buenos Aires y otros puertos del litoral.
- Río Uruguay: Facilita la navegación y conecta los puertos de Concepción del Uruguay, Gualeguaychú, Colón y Concordia con el comercio internacional.

Accesos Ferroviarios

Entre Ríos cuenta con ramales ferroviarios que conectan la provincia con Buenos Aires, Corrientes y Uruguay: Línea Urquiza, conecta la región mesopotámica con el Área Metropolitana de Buenos Aires.

Accesos Aéreos

La provincia dispone de aeropuertos para vuelos comerciales y privados:

- Aeropuerto General Justo José de Urquiza en Paraná (vuelos nacionales).
- Aeropuerto Comodoro Pierrestegui en Concordia (vuelos regionales y privados).
- Aeródromos en Gualeguaychú, Concepción del Uruguay y otras localidades.

De esta manera, Entre Ríos cuenta con una infraestructura de accesos viales, fluviales, ferroviarios y aéreos que la convierten en un nodo estratégico para el transporte, la producción y el comercio regional e internacional.

Microlocalización

La planta elaboradora de polvo de *Aloe vera* se ubicará en la localidad de Yuquerí, Concordia, Entre Ríos, República Argentina.



Figura 1. Ubicación satelital de planta elaboradora de polvo.

Vías de acceso

Accesos por Rutas Nacionales y Provinciales

Ruta Nacional Nº 14. Es la principal vía de acceso terrestre a la ciudad. Permite la vinculación rápida hacia los principales centros económicos del país y países vecinos, como Brasil y Uruguay.

Ruta Provincial Nº 22. Une Concordia con el centro-oeste de la provincia de Entre Ríos, facilitando el tránsito hacia localidades vecinas como San Salvador y Ubajay. También actúa como conexión secundaria hacia la Ruta Nacional Nº 14.

Ruta Provincial Nº 4. Comunica a Concordia con zonas rurales y pequeñas localidades cercanas, siendo una ruta clave para el transporte de la producción agrícola y forestal.

Ruta Provincial Nº 18. Esta ruta conecta Concordia con la ciudad de Paraná, la capital provincial, permitiendo una vinculación directa hacia el centro de Entre Ríos y otras provincias. A través de esta vía, se accede a la Ruta Nacional Nº 12, que conecta con Buenos Aires y el norte del país.

Accesos Internacionales

Paso Internacional Salto Grande. Es el principal acceso internacional de Concordia, ubicado en el Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande. A través de este paso se conecta con la ciudad de Salto, en la República Oriental del Uruguay. La conexión se realiza mediante un puente binacional que cruza el río Uruguay, permitiendo el tránsito vehicular y peatonal.

Transporte Ferroviario

Si bien el transporte ferroviario ha disminuido en las últimas décadas, la ciudad cuenta con infraestructura ferroviaria que forma parte del corredor que une a Buenos Aires con el litoral argentino, facilitando el transporte de cargas.

Acceso Aéreo

El Aeródromo Comodoro Pierrestegui, ubicado a unos 12 km del centro de la ciudad, es apto para vuelos comerciales de pequeña escala y operaciones privadas. Aunque aún no posee vuelos regulares, es un punto estratégico para operaciones logísticas y de emergencia.

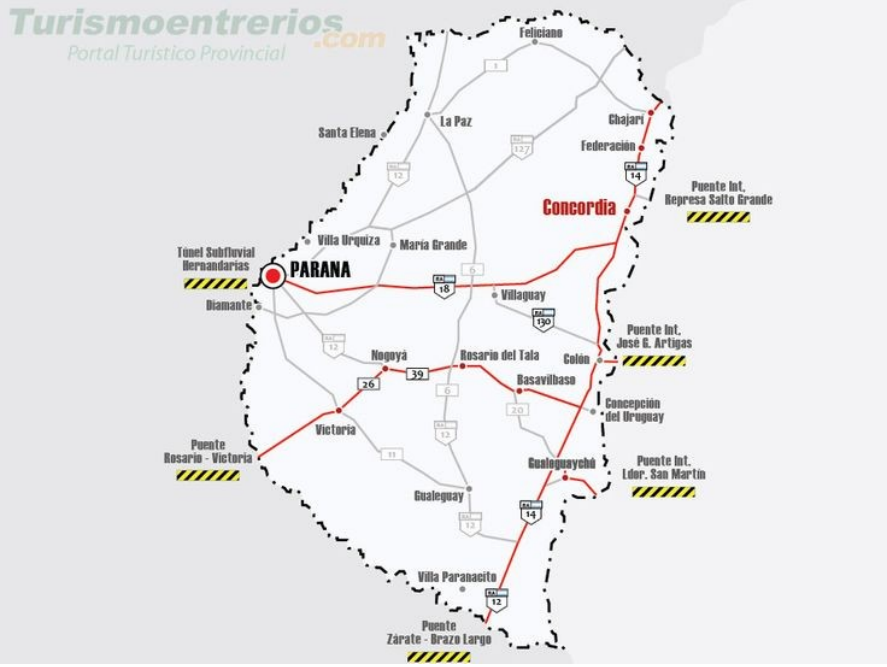


Figura 2. Rutas y accesos a Concordia, Entre Ríos. Fuente: Turismo Entre Ríos.

Mano de obra

Para la futura planta, será necesario contar con personal capacitado para diversas áreas de operación e industrialización. Entre los perfiles requeridos se incluyen: cosecheros, operarios de procesos industriales (con orientación en alimentos y en mecánica), Ingenieros en Alimentos, expertos en marketing y comercialización, personal administrativo, servicios generales, como limpieza y logística. Esto implica la necesidad de mano de obra calificada, semi-calificada y no calificada.

La cercanía a diversos centros educativos en la localidad de Concordia asegura una oferta amplia de profesionales calificados para cubrir estas áreas. Entre las instituciones formadoras se destacan:

1. Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL): Ingenieros y tecnólogos en alimentos, tecnólogos en calidad e inocuidad agroalimentaria, ingenieros y técnicos en mecatrónica.

2. Facultad de Ciencias de la Administración (FCAD): Contadores, licenciados en administración, licenciados en sistemas.
3. Universidad Tecnológica Nacional (UTN) – Facultad Regional Concordia: Ingenieros civiles, eléctricos e industriales, tecnólogos en higiene y seguridad en el trabajo, especialistas en mantenimiento industrial.
4. Universidad Siglo 21 (Centro de Aprendizaje Concordia): Programas en administración, administración pública, publicidad, marketing y relaciones públicas, entre otros.

La ciudad de Concordia se caracteriza por su fuerte desarrollo en la producción primaria, destacándose en actividades agrícolas como la citricultura, la horticultura y otros cultivos intensivos. Esta dinámica productiva ha generado una amplia disponibilidad de mano de obra jornalera, especialmente capacitada para llevar a cabo tareas de cosecha durante las distintas zafras. La experiencia y especialización de estos trabajadores en labores de campo aseguran la eficiencia en la recolección de productos, adaptándose a las demandas estacionales de la producción agroindustrial. La cosecha citrícola tiene picos desde junio hasta agosto; en cambio, el *Aloe vera* tiene dos picos de cosecha, uno en diciembre y el otro en mayo. Este factor representa una ventaja competitiva para proyectos que requieran personal temporario durante períodos de cosecha, ya que no se superponen.

Servicios Auxiliares

Agua

El abastecimiento de agua para el establecimiento proviene de un pozo local, el cual constituye la fuente principal para satisfacer las necesidades operativas de la planta, producción y limpieza de las

instalaciones. Con el objetivo de garantizar que el agua cumpla con los estándares de calidad requeridos para su uso en los procesos de producción, se realizan análisis periódicos que evalúan parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Estos estudios permiten identificar posibles contaminantes y asegurar que el agua sea apta para los procesos industriales, alineándose con las normativas sanitarias y ambientales aplicables.

En el marco de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y las exigencias del Código Alimentario Argentino (CAA, art. 982), el control de la calidad del agua de pozo utilizada en la industria alimentaria requiere un plan de monitoreo periódico. Los análisis microbiológicos (coliformes totales, *E. coli*, aerobios mesófilos, entre otros) deben realizarse con una frecuencia mensual, para garantizar la potabilidad y prevenir riesgos sanitarios. Los análisis fisicoquímicos (pH, conductividad, dureza, nitratos, metales, arsénico, etc.) se realizan de manera semestral en zonas de riesgo como Entre Ríos, donde los niveles de nitratos y dureza suelen ser elevados. En Concordia, estos estudios pueden solicitarse en el Laboratorio LEBYM, que ofrece análisis microbiológicos y fisicoquímicos acreditados.

Energía eléctrica

El suministro eléctrico de la planta estará a cargo de la Cooperativa Eléctrica de Concordia (COOPELEC). Dado que la potencia instalada de la planta asciende a 330 kW con operación prácticamente continua en tres turnos, el suministro eléctrico debe contratarse en media tensión bajo el régimen tarifario de Grandes Demandas. Los equipos de proceso y servicios auxiliares operan en baja tensión, por lo que, resulta imprescindible la instalación de una subestación transformadora reductora

de media a baja tensión, equipada con celdas de maniobra y protección, transformador de potencia, tablero general de baja tensión y sistema de puesta a tierra, todo conforme a las exigencias de la distribuidora y a la Reglamentación AEA 95101. Esta subestación permitirá garantizar la continuidad operativa, la seguridad eléctrica y la adecuada calidad de servicio requerida para el funcionamiento integral de la planta.

Residuos e impacto ambiental

Residuos sólidos (corteza y espinas)

Las cáscaras, generadas en el pelado de las pencas, se destinan a la elaboración de un biopesticida gracias a su contenido de aloína y compuestos fenólicos con propiedades antimicrobianas, antifúngicas e insecticidas. El proceso de aprovechamiento consiste en su recolección, limpieza y triturado, seguido de una maceración acuosa que permite obtener un extracto aplicable en suelos y cultivos, en diluciones seguras para evitar efectos fitotóxicos. El sólido agotado se aprovecha en compost. Las espinas son tratadas conjuntamente con las cortezas en un mismo equipo triturador de residuos orgánicos, obteniéndose un material homogéneo que, al igual que las cáscaras, se aplica como biopesticida, favoreciendo un uso integral de estos subproductos.

Aguas residuales del lavado

El agua de lavado proveniente de la etapa de clorado y enjuague del gel concentra aloína soluble, alcanzando niveles cercanos a 49 mg/L. Debido a su toxicidad, se implementa un sistema de tratamiento compuesto por ecualización, ajuste de pH y posterior filtración en carbón activado, lo que asegura la reducción de la carga orgánica y la posibilidad de cumplir con los parámetros regulatorios antes de su vertido.

Aguas residuales del secado

El agua proveniente de los reservorios de los secadores, descargada a 80 °C y en un volumen aproximado de 90 L por ciclo, no presenta contaminación con aloína al no estar en contacto con el gel. No obstante, requiere un tanque de enfriamiento previo para alcanzar condiciones seguras antes de su reaprovechamiento en tareas de limpieza de planta.

Destino del agua descartada

Una vez que el agua residual haya sido sometida a los tratamientos correspondientes, y siempre que cumpla con los parámetros de calidad exigidos por la normativa ambiental vigente, se procederá a su disposición final mediante el vertido controlado en un curso natural de agua. En este caso, el receptor definido es el arroyo Yuquerí Chico, identificado como el cauce superficial más próximo a la planta, lo que permite un descarte seguro y ambientalmente compatible, enmarcado dentro de un esquema de gestión responsable de efluentes.

Estudio de la capacidad de planta

En este apartado para realizar los cálculos pertinentes se tiene en cuenta la estacionalidad del cultivo, que tiene su ventana de cosecha en los meses de diciembre y marzo. Se planea recibir materia prima a partir de un sistema de cosecha escalonada, comenzando en diciembre y finalizando en mayo, pudiendo extenderse unas semanas más si el clima es propicio. Durante este período se estiman aproximadamente 26 semanas de trabajo. Considerando que la planta opera 6 días por semana, esto representa un total de 156 días laborables. La jornada diaria se organiza en tres turnos de 8 horas cada uno; sin embargo, se

descuenta a la producción 1 hora por turno destinada a tareas de limpieza, mantenimiento y puesta en régimen de los equipos, de modo que el tiempo efectivo de operación por día resulta en 21 horas. Estas paradas diarias son contempladas dentro de la planificación, y para compensar la producción perdida se prevé almacenar la última cosecha en cámara, lo que daría 6 días de trabajo extra.

La capacidad de alimentación del secador se establece en 36 kg/h de gel, lo que fija un límite técnico de procesamiento horario. Los cálculos de alimentación de materia prima por hora se realizan en base a la capacidad real del secador, aplicando al rendimiento las pérdidas propias del secado.

Procesamiento por hora:

$$M_{gel,h} = 36\ kg/h$$

$$N_{pencas,h} = \frac{M_{gel,h}}{0{,}3\ kg/penca} = \frac{36\ kg/h}{0{,}3\ kg/penca} = 120\ pencas/h$$

$$M_{penca,h} = N_{pencas,h} \times 0{,}5\ kg = 120\ pencas/h \times \frac{0{,}5\ kg}{1\ penca} = 60\ kg/h$$

Procesamiento por día:

$$M_{gel,día} = 36\ kg/h \times \frac{21\ h}{1\ día} = 756\ kg/día$$

$$N_{pencas,día} = \frac{M_{gel,día}}{0{,}3\ kg/penca} = \frac{756\ kg/día}{0{,}3\ kg/penca} = 2520\ pencas/día$$

$$M_{penca,día} = 2520\ pencas/día \times 0{,}5\ kg/penca = 1260\ kg/día$$

Para estimar la cantidad de polvo que se obtiene a partir del secado de una masa inicial de gel, se realiza un balance de masa considerando únicamente la eliminación de agua. El gel posee una

humedad inicial del 98%, y el producto final buscado es un polvo con una humedad promedio del 7%. Para el proceso de secado, se considera un rendimiento real de 1,9%.

Cantidad de polvo por hora:

$$M_{polvo,h} = M_{gel,h} \times 0,019 = 36\ kg/h \times 0,019 = 0,684\ kg/h$$

Cantidad de polvo por día:

$$M_{polvo,día} = 0,684\ kg/h * 21\ h/día = 14,3\ kg/día$$

Cantidad de polvo por zafra y por mes:

$$M_{polvo,total} = 14,3\ kg/día \times 156\ días = 2230\ kg\ de\ polvo$$

$$M_{polvo,mes} = \frac{2230\ kg\ polvo}{6\ meses} = 372\ kg\ polvo/mes$$

Para garantizar un abastecimiento continuo de materia prima durante los meses de producción, se ha realizado una estimación de la cantidad a recepcionar diariamente contemplando tanto las pérdidas en campo (17%) como las pérdidas por descarte de materia prima en la etapa de recepción (5%). A partir de estos cálculos, se determinó que para satisfacer la demanda la superficie de cultivo necesaria debe alcanzar aproximadamente 6,1 hectáreas, valor que, con el fin de asegurar un margen de seguridad y operatividad, se redondea a 6,5 hectáreas de terreno cultivado y apto para la cosecha como mínimo disponible para poder funcionar durante un período de 156 días hábiles.

Dentro de la cantidad de materia prima demandada se encuentra contemplada una acumulación equivalente a seis días de proceso (7560 kg de pencas de aloe) almacenada en condiciones de refrigeración y

alta humedad relativa. Se buscará cubrir este stock dentro de las primeras dos semanas de funcionamiento de la planta, para así garantizar la disponibilidad de puede permanecer sin procesar más de dos semanas, pues esto conlleva grandes pérdidas en su calidad y rendimientos. Para evitar esto se emplea la estrategia “First In First Out” (FIFO) por medio de la cual lo que se almacenó en primer lugar sea lo primero en procesarse, y se reponga la misma cantidad retirada con material recién recibido de la cosecha. De esta forma se logra una rotación del stock que no excede el tiempo máximo de almacenamiento del aloe.

Para los cálculos y balances de masa, se tienen en cuenta los siguientes rendimientos particulares de cada planta: se cosechan 12 pencas al año, en promedio cada penca en edad madura pesa 0,5 Kg (6) y de cada una se extraen 0,3 Kg de gel (7).

Bibliografía

(1) Gobierno de Entre Ríos. *Provincia de Entre Ríos*. Portal del Gobierno de Entre Ríos. https://portal.entrerios.gov.ar/ps/provincia

(2) Municipalidad de Concordia. *Características de Concordia*. Gobierno de la Ciudad de Concordia. https://www.concordia.gob.ar/paginas/caracter%C3%ADsticas

(3) Bichos de Campo. (30 marzo, 2021). *El aloe vera fue reconocido oficialmente como ingrediente para alimentos y bebidas*. https://bichosdecampo.com/el-aloe-vera-fue-reconocido-oficialmente-como-ingrediente-para-alimentos-y-bebidas/

(4) La Nación. (1 Septiembre, 2008). *El potencial económico del cultivo de aloe*. https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/el-potencial-economico-del-cultivo-de-aloe-nid939539/

(5) Geankoplis, C. J. (2003). *Transport processes and separation process principles* (4th ed.). Prentice Hall.

(6) Romero, M., Tofiño, A., & Aarón, M. (2010). *Generalidades sobre el manejo del cultivo de la sábila en la Guajira colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA.

(7) Reynolds, T. (2004). *Aloes: The Genus Aloe*. CRC Press.

(8) Uppar, J., Ashok, Y., Patel, M.M. & Chawla, S.L. (2024). *Effect of chemical treatments on shelf life and quality of Aloe vera L. leaves.* International Journal of Advanced Biochemistry Research.

PARTE II

Ingeniería del proyecto

CAPÍTULO IV

Tecnología de secado

Índice

Introducción **1**
Secado por Ventana Refractaria **3**
Principios del secado 3
Transferencia de Calor 7
Estimación de la magnitud de la radiación térmica 8
Eficiencia térmica del secado 10
Cambios en la calidad del producto 12
Retención de nutrientes y atributos de calidad 12
Reducción microbiana 14
Consumo Energético 15
Comparación de consumo energético e inversiones 15
Eficiencia energética 15
Secado de *Aloe vera* **16**
Conclusiones **19**
Bibliografía **20**

Introducción

El secado es una de las operaciones unitarias críticas para extender la vida útil y añadir valor a diferentes matrices alimentarias (9). A medida que la demanda de productos alimenticios de alta calidad y con propiedades nutricionales intactas aumenta, se hace necesario explorar y desarrollar tecnologías de secado que no solo sean eficientes, sino que también preserven los atributos sensoriales y nutricionales de los productos. En este capítulo, se explorarán diversas tecnologías de secado, con un enfoque particular en el secado por ventana de refractancia (VR), una técnica innovadora que ha demostrado ser eficaz en la preservación de la calidad de los productos.

Las tecnologías de secado como el secado spray o liofilización son opciones consolidadas debido a la calidad de producto final que ofrecen, pero poseen ciertas limitaciones. Para el primero, se requiere una alta inversión de capital y el contenido de humedad de la materia prima debe ser muy alto para asegurar que la alimentación pueda ser atomizada (9). La atomización y las temperaturas del aire, oscilan entre 150 y 300ºC, conllevan una pérdida significativa de compuestos volátiles, aunque la temperatura de la mayoría de las partículas puede mantenerse a la temperatura del bulbo húmedo del aire (9). Además, la acción de corte durante la atomización también puede hacer que el secado por atomización no sea adecuado para productos sensibles al daño mecánico (9). Por otro lado, la liofilización puede originar productos deshidratados de alta calidad con una buena retención de forma, sabor, color, vitaminas y capacidad de rehidratación (9). No obstante, el elevado costo del proceso, entre 4 y 8 veces más caro que el secado por aire (15) y al menos un orden de magnitud más caro que el secado por

atomización (16), limita su aplicación industrial. Además, los productos liofilizados tienden a ser porosos y necesitan un embalaje cuidadoso para evitar la rápida rehidratación cuando se exponen en ambientes húmedos (18; 17).

Las investigaciones sobre el secado por Ventana Refractaria (VR) han mostrado que el sistema tiene el potencial de ser utilizado en diversas situaciones para producir frutas deshidratadas, verduras y otros productos biológicos de alto valor para usos nutracéuticos (9). Dicho sistema de secado y evaporación fue desarrollado por MCD Technologies Inc (Tacoma, WA) basado en dos décadas de investigación y desarrollo en técnicas novedosas para eliminar agua (9). Se considera parte de la cuarta generación de tecnologías de secado, que se caracterizan por su capacidad para procesar materias primas sensibles al calor y por su enfoque en la conservación de la calidad del producto final (16). La tecnología de secado VR se utiliza actualmente para secar una amplia variedad de productos, incluyendo mezcla para huevos revueltos, paltas para dips, algas con alto contenido de carotenoides para tratar la degeneración macular y el cáncer, extractos herbales y suplementos nutricionales para uso humano, una variedad de ingredientes alimentarios (por ejemplo, hierbas, especias y verduras) y suplementos nutricionales para la acuicultura de camarones. Zanahorias, mangos, fresas, espárragos, calabacines y muchas otras frutas y verduras han sido secadas con éxito utilizando VR, y se ha observado una muy buena retención de atributos de calidad (9). Este método se destaca debido a que la retención del color, sabor, aroma, vitaminas y antioxidantes puede mejorar con este proceso de secado, y la calidad del producto

generalmente puede ser comparable o, en algunos casos, mejor que lo que se puede lograr la liofilización (11).

Secado por Ventana Refractaria

Traducir al español | Quantitative under | doi:10.1016/S0023
0023X/1-s2.0-S0260877417305071/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2V...
Virtual de l... | Webmail fcal | SIU Guaraní - Acceso | PDF Drive | Academia
/ 9 | 125%

mited scope to products offer

cent trends in riptions about heat and mass his review also roduct quality rying methods able published ntional drying r quality pow- and time re- e topic, aspects lations are also

ystem

read in flexible Durigon et al.,

device (Nindo and Tang, 2007). This is essentially done to bring down the product's temperature below the glass transition temperature and avoid product stickiness (Azizi et al., 2017). The circulating water is often reused after reheating to improve the thermal efficiency of the system. The entire process occurs under

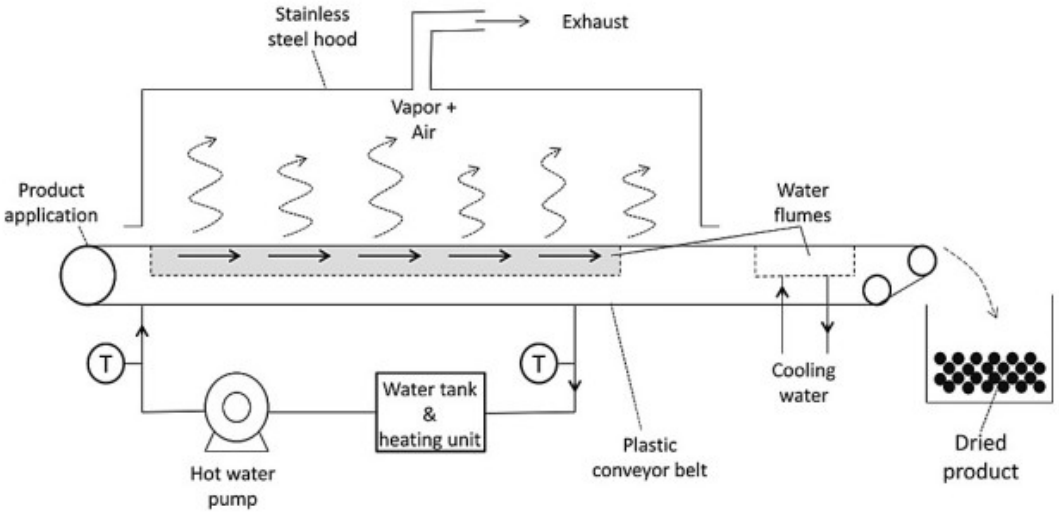
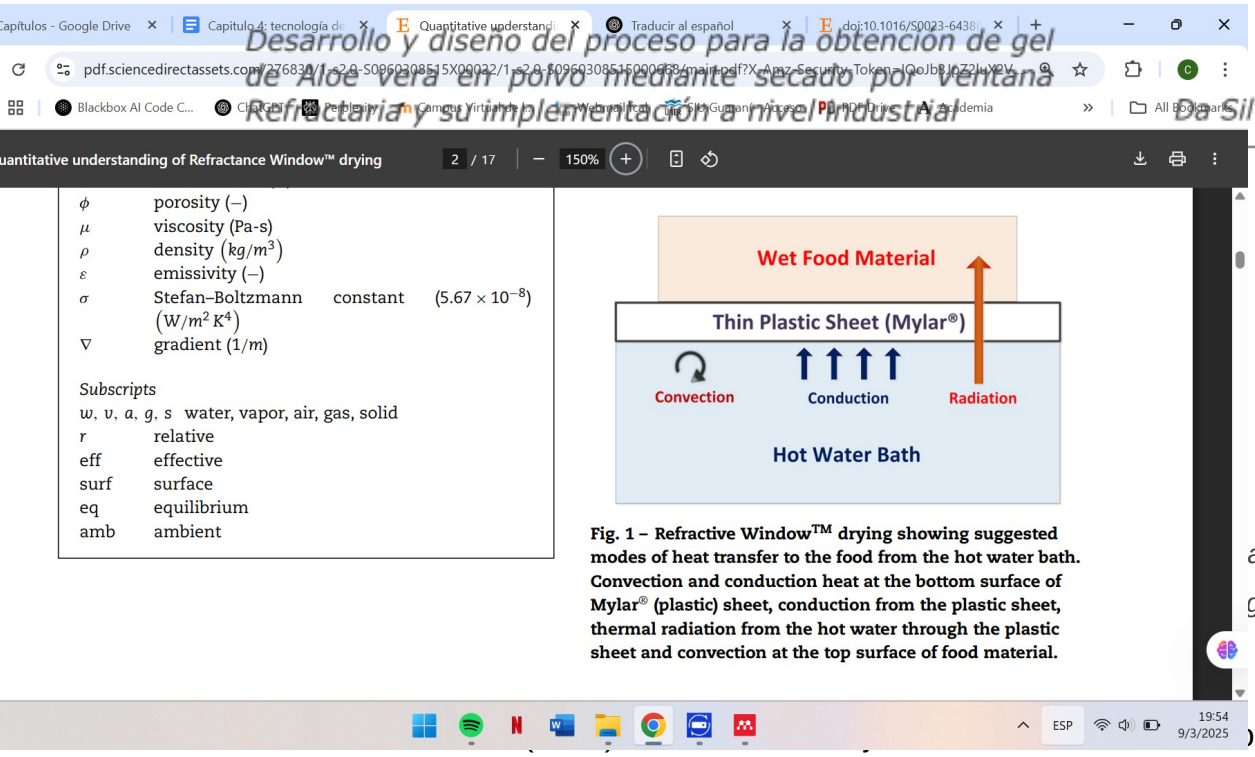


Fig. 1. Schematic Diagram of a RW™ Drying System (Source: Moses et al., 2014a adapted from Nindo et al., 2003a,b).

El sistema de secado VR utiliza agua circulante, generalmente a 95-98°C y a presión atmosférica, para transferir energía térmica al material que se va a deshidratar. La energía térmica del agua caliente circulante se transfiere al producto húmedo a través de una interfaz plástica transparente. Este se transfiere directamente a las moléculas de agua, y la temperatura del producto puede alcanzar hasta 74 °C, el cual se extiende sobre la banda transportadora plástica transparente, que se mueve mientras su parte inferior está en contacto con el agua caliente en una canaleta poco profunda (11). En una configuración con película en movimiento (también pueden estar estacionarios), los alimentos suelen desplazarse en la misma dirección que el agua caliente, con velocidades de banda entre 0,6 y 3 m/min (19). La energía térmica transportada por el agua circulante transmite calor sensible a través de la película al material alimentario, que se extiende en una capa delgada sobre la película por conducción y radiación (12). Por dicho motivo, el agua presente en los alimentos se evapora rápidamente debido a la transferencia eficiente de energía térmica, lo que genera un estado de equilibrio térmico (12).

En la Fig.2 se muestra una alternativa a escala laboratorio (en estado estacionario) planteada por Ortiz-Jerez et al., donde se esquematizan los métodos de transferencia de calor que se ven implicados durante el secado. El calor se transfiere del agua caliente a la película plástica con la cual el agua está en contacto (12). Cuando no hay producto sobre la cinta, la diferencia en el índice de refracción entre el agua y el aire es tan alta que la energía radiante incidente en la interfaz plástico-agua se refleja mayormente y muy poca se transmite al aire (o se pierde en él). Cuando el producto a secar, típicamente un puré que

contiene una cantidad significativa de agua (>90%), se coloca sobre el plástico, la diferencia en el índice de refracción entre el agua y el alimento en el sistema agua-plástico-alimento se reduce considerablemente (12). Los índices de refracción se acercan, lo que reduce la reflexión en esta interfaz e incrementa la transmisión de la energía radiativa hacia el alimento. El material plástico es un buen transmisor de radiación térmica, se considera casi transparente a la radiación térmica en las longitudes de onda relevantes (12). La “ventana” refractaria se refiere a este paso de radiación térmica a través del material plástico cuando un material húmedo está en contacto con él, es decir, como si el material plástico no estuviera presente, lo que corresponde a que la ventana esté abierta. Ésta no permanece abierta durante toda la duración del proceso de secado. A medida que el material húmedo se seca, su índice de refracción aumenta, creando una diferencia y, a partir de ese momento, la mayor parte de la radiación térmica se refleja en el agua, que deja de secarse (12). El Mylar® (Dupont Teijin Films) es un tereftalato de polietileno (PET) y es el material plástico típicamente utilizado para el secado por VR. La cantidad de energía conducida e irradiada varía según el tipo y el grosor de la lámina de plástico utilizada. Asimismo, la absorbancia del puré depende de su grosor y contenido de humedad (15; 19).



uantitative understanding of Refractance Window™ drying 2 / 17 150%

ϕ	porosity (–)	
μ	viscosity (Pa-s)	
ρ	density (kg/m^3)	
ε	emissivity (–)	
σ	Stefan–Boltzmann constant $(W/m^2 K^4)$	(5.67×10^{-8})
∇	gradient $(1/m)$	

Subscripts

w, v, a, g, s	water, vapor, air, gas, solid
r	relative
eff	effective
surf	surface
eq	equilibrium
amb	ambient

Fig. 1 – Refractive Window™ drying showing suggested modes of heat transfer to the food from the hot water bath. Convection and conduction heat at the bottom surface of Mylar® (plastic) sheet, conduction from the plastic sheet, thermal radiation from the hot water through the plastic sheet and convection at the top surface of food material.

durante el secado y concluyeron que las emisiones infrarrojas del agua caliente representan solo alrededor del 3% del calor total suministrado al producto durante la etapa de secado a velocidad constante. Por otro lado, la conducción favorece la evaporación de la humedad del alimento hasta que el producto alcanza un contenido crítico de humedad. Los efectos asociados a la refrigeración evaporativa (lo que explica por qué la temperatura del producto siempre es menor que la temperatura del agua en cualquier punto del secado) se presentan en las últimas etapas del proceso (13). Con la disminución de la tasa de transferencia de calor, el producto queda protegido contra el sobrecalentamiento (12).

Al final del proceso de secado el producto se separa de la banda transportadora mediante un dispositivo rascador (9). El agua circulante suele reutilizarse después de ser recalentada para mejorar la eficiencia térmica del sistema. Todo el proceso ocurre en condiciones atmosféricas. En consecuencia, el secado por VR es una técnica de secado por contacto, indirecta y en película (9).

Transferencia de Calor

Durante el secado por VR, se activan los tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Aunque la conducción es el modo dominante, la contribución de cada modo depende de la resistencia que el agua ofrece a cada uno de ellos (12). La película plástica utilizada, Mylar®, presenta características ópticas que afectan la transmisión de radiación térmica (7). La alta transparencia del Mylar® a la radiación infrarroja permite que la mayor parte de la energía térmica se transfiere al producto, facilitando un secado más rápido y eficiente.

Mientras que la conducción, la convección y la radiación ocurren en la interfaz agua caliente-película, la conducción y la radiación tienen lugar a través de la película, y la convección ocurre en la interfaz aire-película (13).

El transporte de radiación térmica a través de la película plástica puede estimarse con base en las propiedades ópticas de la película de poliéster (21). Tsilingiris (2003) informó que la mayoría de las películas poliméricas presentan bajas transmisiones en el rango de 7 a 12 μm y altas transmisiones en longitudes de onda superiores a 12 μm (12). La transmitancia total mínima del Mylar®, que ocurre en longitudes de onda cercanas a 6,5 y 14,5 μm, ha sido documentada por Ortiz-Jerez et al. (2015). La película de Mylar® posee una conductividad térmica de 0,24 W/mK, una densidad de 1,39 g/cm³ y un calor específico de 0,28 Cal/g/°C en condiciones ambientales (12).

A una temperatura de 90 °C, una reducción en el grosor de la película de 0,2 mm a 0,1 mm resultaría en un aumento de aproximadamente 128% en la transmitancia total (12). El agua exhibe

alta absorción y alta transmisividad (90%) a la radiación infrarroja a través de películas de Mylar® en longitudes de onda de 3 a 8 μm (23). El alto contenido de humedad de los productos sometidos al secado por VR implica que la absorción de radiación por la pulpa será similar a la del agua pura (14). En este rango de longitudes de onda, la transmitancia del Mylar® varía entre 0 y 88%, disminuyendo a medida que aumenta la longitud de onda.

Estimación de la magnitud de la radiación térmica

La radiación térmica a través de la película plástica fue estimada en base a las propiedades ópticas publicadas de las películas de poliéster (7).

La conducción es el principal modo de transferencia de calor al material, mientras que la radiación térmica contribuye solo con un 1% de la transferencia total de calor. (12)

El agua tiene una alta absorción para infrarrojos con longitudes de onda de 3,0; 4,7; 6,0 y 15,3 mm. La transmisión de infrarrojos es más fuerte cuando la interfaz plástica está en contacto íntimo con el agua en un lado y un material cargado de humedad en el otro lado (9).

Cuando un puré con alto contenido de humedad se extiende sobre el transportador de plástico delgado, la refracción en la interfaz plástico-puré se minimiza, lo que hace que la energía térmica radiante pase a través del plástico hacia el producto. La absorbancia del puré está influenciada por su grosor y contenido de humedad. La transferencia de energía térmica del puré hacia el aire ambiental se realiza principalmente por convección y mediante la refrigeración evaporativa del material alimenticio. Esta evaporación es muy intensa y constituye una parte importante del

consumo de energía en el secado. En la última etapa del secado, cuando el producto está casi seco, la transferencia de calor por conducción se vuelve predominante y la tasa de transferencia de calor al producto disminuye a medida que el producto se seca más (9).

En el trabajo realizado por Nindo et al. (2007) mencionan dos ejemplos, el primero es un experimento con frutillas en puré donde se secaron en menos de 5 minutos, en contraste con varias horas de secado en bandeja o liofilización de las mismas cantidades de material. El secado por VR demuestra una retención de calidad superior, probablemente debido a la combinación favorable de tiempos de secado cortos y temperaturas de producto bajas. La rápida transferencia de masa desde el producto húmedo y la consiguiente alta saturación de vapor por encima del producto limita la interacción del producto con el oxígeno y ayuda a mantener la calidad. En otro estudio, el tiempo de residencia necesario para el secado por ventana refractiva (VR) de puré de espárragos, con el fin de reducir su contenido de humedad desde aproximadamente un 90% hasta un 4% (base húmeda), fue de apenas 4,5 minutos.

pdf.sciencedirectassets.com/276830/1-s2.0-S0960308515X00022/1-s2.0-S0960308515000668/main.pdf?X-A
Apps Blackbox AI Code C... ChatGPT Perplexity Campus Virtual de l... Webmail fcal SIU Guaraní - A
Desarrollo y diseño del proceso para la obtención de gel de Aloe vera en polvo mediante secado por Ventana Refractante y su implementación a nivel industrial
Quantitative understanding of Refractance Window™ drying 5 / 17 110%

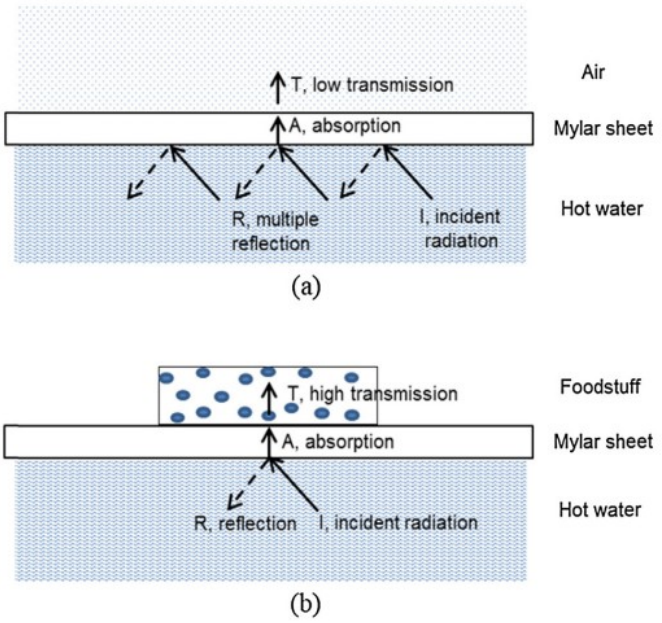


Fig. 3 – Current, literature-based understanding of the Refractance Window concept in RWTM drying. Shown are the two extremes: (a) water–Mylar–air (or food) system that would be representative of no product or a very dry product, and (b) water–Mylar–wet food product. Transmission of infrared through the Mylar sheet is expected to be much higher in (b) than (a).

3. Experimental mea

For the present study, two
data for temperature and m
the heat and mass transport
describe the RW™ drying pr
mental studies conducted by
RW™ drying equipment, wer
ducted on thin layers of pumpk
dried at three different water
and 95 °C). For a detailed des
methodology, the reader is refe
(2003a).

The next set of experiment
ples of pumpkin (1.25 cm) to
RW™ drying for thick-sized sa
dealt with thin samples (up t
cured from a local supermark
3.5 kg were used in a state o
uble solids content of 5.27 ±
content of 92.23 ± 1.85% (wet
peeled and the seeds were re
into large pieces parallel to
after, the slices were passed t
Collection brand) with transver
duce samples having an appro
(length × width × thickness).

Eficiencia térmica del secado

Los requisitos energéticos de cualquier operación unitaria son un factor clave en la industria. La eficiencia térmica de los sistemas de secado por VR varía entre el 52 y el 77%, lo que es comparable al secado en tambor. En contraste, los sistemas de secado por aire caliente solo alcanzan un 50% de la eficiencia de los secadores VR (21). Esto se debe a que una gran parte del consumo energético total en estos sistemas está relacionado con los efectos evaporativos (9). La capacidad de reutilizar el agua caliente circulante no solo mejora la eficiencia energética, sino que

también reduce los costos operativos, lo que hace que esta tecnología sea rentable para la industria.

La evaporación de agua desde el producto en la interfaz aire-puré constituye una gran parte del consumo de energía en el secado (9). La eficiencia fue determinada por Nindo et al. (2007) mediante un balance de calor que incluyó la recolección del condensado y la medición de temperaturas del proceso en distintos puntos del sistema. En su estudio, se destacó que el grosor de la capa alimenticia y su distribución uniforme sobre la banda transportadora son factores críticos para el rendimiento del secado. Dado que el fluido calefactor fluye de regreso a un reservorio y se recalienta en lugar de desperdiciarlo, este método demuestra una eficiencia térmica muy buena en comparación con otros secadores convencionales. Los datos de capacidad del secador varían en un rango amplio porque muchos factores influyen en la precisión de las auditorías de energía. El producto debe extenderse de manera delgada y adherirse uniformemente a la banda transportadora para que el secado sea efectivo.

Nindo y Tang (2007) informaron que los sistemas de secado requieren entre un 50 y un 70% menos de inversión de capital y pueden operar con un 50% menos de energía en comparación con los procesos de liofilización. Baeghbali y Niakousari (2015) reportaron que el secado por VR requiere un 33% menos de energía en comparación con el secado por aspersión.

Cambios en la calidad del producto

Retención de nutrientes y atributos de calidad

El secado por ventana de refractaria ha demostrado ser eficaz en la retención de nutrientes y atributos de calidad en productos alimenticios.

Por ejemplo, se ha observado que el secado de puré de calabaza reduce su contenido de humedad en aproximadamente un 80% en un tiempo total de secado de 4,5 minutos (10). Además, se ha reportado que se obtienen productos deshidratados de alta calidad con tiempos de secado reducidos (14). Esto es especialmente importante en la producción de alimentos que requieren una alta retención de color, sabor y nutrientes, como frutas y verduras.

Las isotermas de sorción de humedad muestran patrones de tipo III para los polvos secos, característico de materiales higroscópicos con alta afinidad inicial por la humedad (14). Esto implica una mayor estabilidad en condiciones de baja humedad relativa.

Para este tipo de secado, algunos autores enuncian que no se requieren aditivos químicos. En general, se obtienen productos de mayor calidad mediante esta técnica, con tiempos de secado reducidos. Sin embargo, en matrices ricas en polisacáridos, como *Aloe vera*, pueden producirse modificaciones estructurales irreversibles que afectan el peso molecular y las propiedades funcionales. Estudios han mostrado que, si bien el VR puede causar pérdidas de hasta 40% en acemanano y galactosa, mantiene un mayor rendimiento de compuestos activos en comparación con la liofilización o el secado por aspersión. Asimismo, en mango en polvo se observó que temperaturas elevadas de almacenamiento inducen oscurecimiento, pérdida de ácido ascórbico y β-caroteno, y alteraciones en la textura (13).

Estudios sobre el polvo de mango secado por VR sugieren que una mayor temperatura de almacenamiento puede resultar en el oscurecimiento del polvo, reducción de los niveles de ácido ascórbico y

Refractance window drying of foods: A review 6 / 9 125%

Table 1 (*continued*)

Product	Drying conditions		Physico-chemical property evaluated	Results		References
	Refractance window	Other techniques		Refractance window	Other techniques	
			Moisture content	9.9 ± 0.6%	12.1 ± 0.5%	
			Aroma retention	Ethyl acetate content decreased	Spray dried strawberry showed reduced fruity & green notes (unlike freeze dried samples)	
Aloe vera	Hot water temperature ranging from 95 °C to 98 °C; sample temperatures between 60 °C and 70 °C; belt speed of 0.1 m/s	Freeze drying (plate temperature of 21 °C; absolute pressure 3.3 kPa) Spray drying (inlet temperatures ranging from 170 °C to 190 °C; outlet temperatures between 80 °C and 90 °C)	Colour	Light creamy colour Hue value of 6 (after stored at 35 °C over a period of 7 weeks)	Spray dried powder appeared whiter with hue value of 12; Hue value of freeze dried powder was 4	Nindo, 2008
			Antioxidant activity	% inhibition of DPPH radicals = 29.6	% inhibition of DPPH radicals = 27.0 and 54.1 for freeze dried and spray dried samples, respectively	
Pomegranate juice concentrate (with 35% gum arabic as carrier in d.b.)	Effective belt length of 1.95 m; air at 28 °C; 30% relative humidity; average air velocity of 0.1 m/s; hot water temperature of 91 °C; cold water temperature of 21 °C; belt	Spray drying (inner diameter of dryer chamber = 115 cm; height 165 cm; two fluid nozzle to atomize by high velocity compressed air 1 bar pressure;	Colour	ΔE of 5.1 ± 0.5	ΔE of 2.3 ± 0.5 and 7.0 ± 0.5 for freeze dried samples, respectively; spray dried samples were darker when	Baeghbali and Niakousari, 2015

Los estudios disponibles concluyen que el sistema VR proporciona una alta retención de compuestos bioactivos y sensoriales, superando en varios casos a otras tecnologías disponibles para productos delicados o sensibles al calor (9).

Reducción microbiana

Nindo y Tang (2007) evaluaron la eficacia del secado por VR en la reducción microbiológica mediante el uso de puré de calabaza inoculado con coliformes, *Escherichia coli* y *Listeria* innocua. Esta última fue empleada como modelo representativo de patógenos humanos resistentes al calor como *E. coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. Los resultados mostraron una reducción significativa del recuento microbiano tras el secado por VR en todas las especies analizadas. En las muestras inoculadas, las poblaciones microbianas disminuyeron hasta el límite mínimo de detección (<5 UFC/mL), lo que equivale a reducciones de al

menos 6,1; 6,0 y 5,5 log UFC/mL para coliformes, *E. coli* y *L. innocua*, respectivamente.

En muestras no inoculadas, el recuento de aerobios totales pasó de 7,17 a 2,54 log UFC/mL, evidenciando una disminución de 4,6 log. Esto indica que el proceso no solo es eficaz para reducir contaminantes inoculados, sino también para disminuir significativamente la carga microbiana nativa.

En cuanto a los estándares microbiológicos establecidos por el International Aloe Science Council (IASC) para productos de aloe destinados al consumo alimenticio, se recomienda que los productos cumplan con los límites establecidos por la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) para productos no estériles. Esto incluye pruebas específicas para *Escherichia coli*, *Salmonella* y otros microorganismos patógenos, según lo definido en los capítulos 61 y 62 de la USP. Aunque el IASC no especifica límites numéricos exactos para las unidades formadoras de colonias (UFC/mL), se espera que los productos cumplan con los límites establecidos por la USP y las regulaciones aplicables.

Comparando los resultados del estudio de Nindo y Tang con los estándares del IASC, las reducciones microbianas logradas mediante el secado por VR son significativas y sugieren que este método podría ser efectivo para cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos para productos de aloe destinados al consumo humano.

Consumo Energético

Comparación de consumo energético e inversiones

El secado por ventana refractaria requiere entre un 50 y un 70% menos de inversión de capital y puede operar con un 50% menos de energía en comparación con los procesos de liofilización (9). Además, se ha reportado que el secado por VR requiere un 33% menos de energía en comparación con el secado por aspersión (2). Esta reducción en el consumo energético es un factor clave para la sostenibilidad y la viabilidad económica de los procesos de secado en la industria alimentaria.

Eficiencia energética

La eficiencia energética de este método se debe a la reutilización del agua circulante, que se recalienta para mejorar la eficiencia térmica del sistema. Este enfoque permite que el secado por ventana de refractancia opere en condiciones atmosféricas, evitando la contaminación cruzada del producto durante el proceso (9). La capacidad de operar a temperaturas relativamente bajas también contribuye a la preservación de la calidad del producto, lo que es esencial en la producción de alimentos saludables.

Secado de *Aloe vera*

El tejido parenquimatoso de las hojas de aloe contiene más del 98% de agua, y más del 60% de su materia seca está compuesto por polisacáridos de alto peso molecular (HMP), que contribuyen a las propiedades inmunomoduladoras de la planta (6; 9). Asimismo, los extractos o geles de aloe son ampliamente utilizados en productos para el cuidado de la piel y, recientemente, como suplemento. Femenia et al.

(2003) mostraron que las propiedades antioxidantes de los polisacáridos pueden perderse cuando se someten a calor durante el secado. A continuación se describe el ensayo realizado por Nindo et al. (2007), donde se evaluó la idoneidad del método VR para la deshidratación de productos herbales sensibles al calor, como el *Aloe vera*, y se realizaron comparaciones con el secado por congelación y por atomización. Se observó que tanto el aloe secado por VR como el obtenido por liofilización presentaban un tono crema claro, mientras que el polvo de aloe deshidratado por atomización mostraba un color más blanco, reflejando un mayor valor de claridad (Fig. 5 a).

Durante el almacenamiento a 35°C por 7 semanas, la amarillez (b^+) y la roje
manera
4 (Fig. 4
presentó
almacer

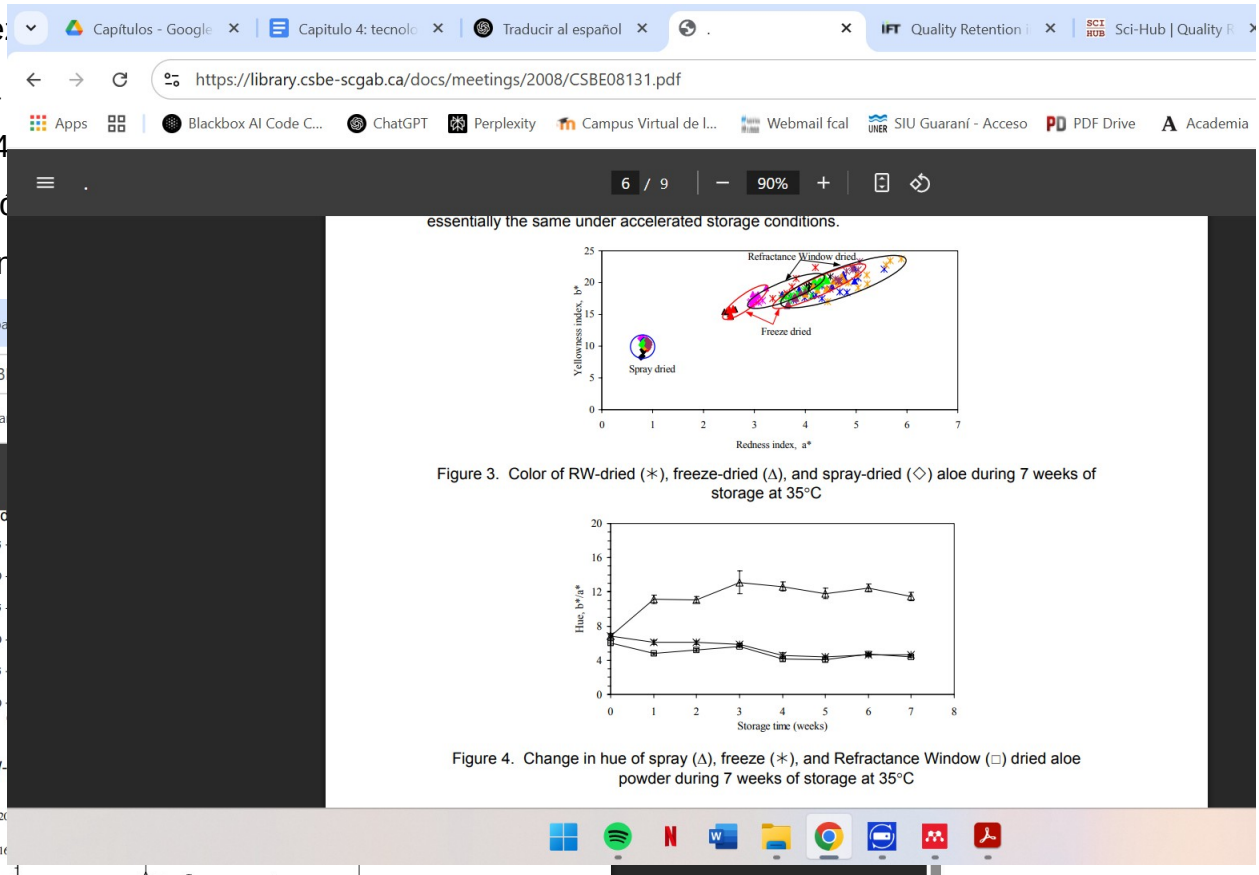

essentially the same under accelerated storage conditions.

Figure 3. Color of RW-dried (∗), freeze-dried (Δ), and spray-dried (◇) aloe during 7 weeks of storage at 35°C

Figure 4. Change in hue of spray (Δ), freeze (∗), and Refractance Window (□) dried aloe powder during 7 weeks of storage at 35°C

En la publicación de Nindo et al. (2007) también evaluaron la capacidad antioxidante del aloe mediante la inhibición del radical libre DPPH. Para ello, se graficó el porcentaje de inhibición en función de la cantidad de tocoferol (un análogo de la vitamina E) y se obtuvo una ecuación de regresión para su análisis.

La Figura 6 muestra la absorbancia del radical DPPH en relación con el tiempo de reacción con el reactivo. A partir de estos datos, la capacidad antioxidante se expresó en términos equivalentes a tocoferoles. Los resultados indicaron que el porcentaje de inhibición del radical DPPH fue de 29,6% para el aloe secado por VR, 27,0% para el liofilizado y 54,1% para el obtenido por atomización. Aunque la capacidad antioxidante del aloe secado por VR fue ligeramente superior a la del liofilizado, el valor significativamente más alto registrado en el material deshidratado por atomización resultó inesperado, considerando que este proceso implica temperaturas elevadas de aproximadamente 150°C. Una posible explicación de este resultado es la mayor solubilidad del polvo obtenido por atomización en comparación con los otros métodos. Por otro lado, a pesar de las bajas temperaturas empleadas en la liofilización, el prolongado tiempo de secado podría haber contribuido a la pérdida de antioxidantes en el *Aloe vera*.

Desarrollo y diseño del proceso para la obtención de gel de Aloe vera, en polvo mediante secado por Ventana Refractaria y su implementación a nivel industrial - Da Silveira - Nieto

respectively. Although antioxidant activity of RW-dried aloe was slightly higher than that of freeze-dried aloe, the high value obtained for spray-dried material was surprising given that aloe gel was subjected to high temperatures of about 150°C in the latter process. This might have been due to solubilization of spray-dried aloe, which was much better than either RW or freeze-dried aloe.

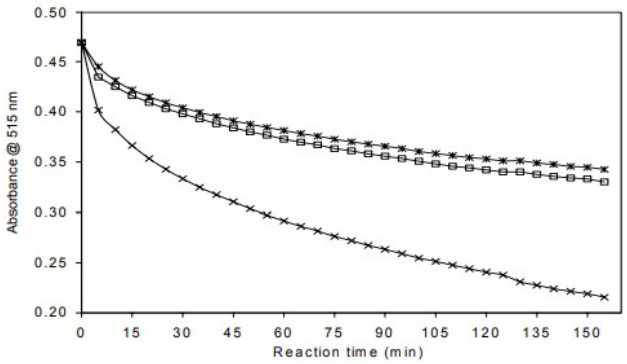


Figure 5. Typical absorbance curves at 515 nm showing influence of freeze (∗), RW (□), and spray (×) drying methods on antioxidant activity of aloe vera.

Despite the low temperature conditions in freeze-drying, the long drying times can contribute to loss of antioxidants in aloe vera. It took 2 days on average to dry 6kg of aloe juice from 87% to about 5% water content (wet basis). Studies are continuing to confirm whether the apparently anomalous result of spray drying was due to extraction, solubility or both.

(c) Molecular weight distribution of aloe polysaccharides

Application of heat over time may cause polysaccharide depolymerization, especially in the presence H+ or enzymes (BeMiller and Whistler, 1996). It is possible for such breakdown to affect the product shelf life and activity.

especialmente en presencia de protones (H^+) o enzimas, lo que podría afectar la estabilidad y funcionalidad del producto.

Los resultados obtenidos por Nindo et al. (2007), presentados en la Figura 6, muestran que la distribución de peso molecular en el secado por VR preservó mejor los rangos >500 kDa que la liofilización, aunque ambos métodos fueron superiores a la aspersión para los compuestos relevantes entre 50 y 200 kDa.

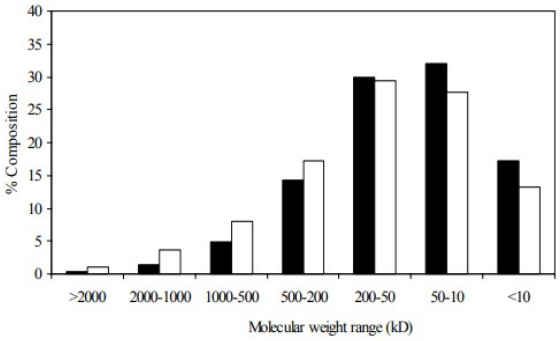


Figure 6. Molecular weight distribution of freeze-dried (■) and RW-dried (□) aloe

Figure 6 show the molecular weight distribution (MWD) of polysaccharides in aloe after RW and freeze-drying. It is evident that MWD was not greatly affected by the two drying methods investigated. However, molecular weights of aloe polysaccharides in the ranges >2000kD, 2000-1000kD, 1000-500kD and 500-200kD were higher for RW than for freeze-dried aloe. The percentage composition of aloe polysaccharides having molecular weight in the range of 200-50kD that is considered to possess more functional properties (Qui *et al.*, 2000), was nearly the same for freeze- and RW drying methods. The freeze-drying process retained higher percentage of polysaccharides with MW less than 50kD.

innovadora y eficiente para el secado de productos alimenticios y biológicos termosensibles. Su capacidad para retener nutrientes y atributos de calidad, junto con su eficiencia energética, lo convierte en una opción atractiva para la industria alimentaria. En estudios de caso como el *Aloe vera*, el secado VR no sólo iguala sino que en algunos aspectos supera a otras tecnologías, particularmente en la preservación de estructuras de polisacáridos funcionales y en la estabilidad del color durante el almacenamiento.

En conjunto, esta tecnología se alinea con los objetivos de sostenibilidad, eficiencia y calidad exigidos por la industria alimentaria moderna. Su adopción contribuirá a mejorar la competitividad del sector en productos de alto valor agregado.

Bibliografía

1. Abonyi, J., et al. (1999). "Quality characteristics of dried fruits." Journal of Food Engineering.
2. Baeghbali, M., & Niakousari, M. (2015). "Energy consumption in Refractance Window drying." Food and Bioproducts Processing.
3. Clarke, J. (2004). "Reflectivity and absorption in food drying." Journal of Food Science.
4. Celli, G. B., et al. (2016). "Antioxidant retention in dried products." Food Chemistry.
5. Da Silva, L. M., & Da Silva, A. (2015). "Moisture content reduction in avocado pulp." Food Engineering Reviews.
6. Femenia, A., et al. (1999). "Properties of Aloe vera polysaccharides." Journal of Agricultural and Food Chemistry.
7. Krimm, S. (1960). "Optical properties of polyester films." Polymer Science.
8. Minjares-Fuentes, R., et al. (2017). "Bioactive compounds in Aloe vera." Food Chemistry.
9. Nindo, C. I., & Tang, J. (2007). "Refractance window dehydration technology." Drying Technology.
10. Nindo, C. I., et al. (2003). "Evaluation of drying technologies for retention of physical quality." LWT.
11. Nindo, C., Feng, H., Shen, G., Tang, J., Kang, D., & Feng Shen, H. G. (2003). "Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system". In *Journal of Food Processing Preservation* (Vol. 27). by Food & Nutrition Press, Inc.
12. Ortiz-Jerez, M. J., et al. (2015). "Quantitative understanding of Refractance Window drying." Food and Bioproducts Processing.

13. Raghavi, L. M., et al. (2018). "Refractance window drying of foods: A review." Journal of Food Engineering.
14. Zotarelli, P., et al. (2015). "Heat transfer during Refractance Window drying." Journal of Food Engineering.
15. Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. Journal of food engineering, 49(4), 311-319.
16. Chua, K. J., Mujumdar, A. S., Hawlader, M. N. A., Chou, S. K., & Ho, J. C. (2001). Batch drying of banana pieces—effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour. Food Research International, 34(8), 721-731.
17. Abascal K., Ganora, L. and Yarnell, E. 2005. The effect of freeze-drying and its implications for botanical medicine - A review. Phytotherapy Research, 12: 665-66
18. Nijhuis, N.N., Torringa, E., Luyten, H., Rene, F., Jones, P., Funebo, T., and Ohlsson, T. 1996. Research needs and opportunities in the dry conservation of fruits and vegetables. Drying Technology - An international Journal, 14:1429-1457.
19. Kudra, T., & Mujumdar, A.S. (2009). Advanced Drying Technologies (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420073898
20. Azizi, A., Gadinski, M. R., Li, Q., AlSaud, M. A., Wang, J., Wang, Y., ... & Wang, Q. (2017). High-performance polymers sandwiched with chemical vapor deposited hexagonal boron nitrides as scalable high-temperature dielectric materials. Advanced Materials, 29(35), 1701864.
21. Strumillo, C., Jones, P. L., & Zylla, R. (1995). Energy aspects in drying. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (2nd ed., Vol. 2, pp. 1241–1275). Marcel Dekker.

22. International Aloe Science Council. (n.d.). *Certified Products*. https://www.iasc.org/certified_products

23. Sandu, C. (1986). Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. *Biotechnology progress*, *2*(3), 109-119.

CAPÍTULO V

Materia prima y sistema de cosecha

Índice

Introducción **2**
Materia prima **2**
Aloe vera 2
Obtención de la materia prima **3**
Criterios de cosecha 3
Sistema de cosecha y recepción en planta 4
Bibliografía **6**

Introducción

Este capítulo detalla la materia prima utilizada en la producción industrial de polvo de *Aloe barbadensis* Miller y un esquema de obtención de la misma para lograr un correcto abastecimiento al proceso. Se describen las características y parámetros en la etapa de cosecha que impactan directamente en la cadena de suministro y la calidad del producto final

Materia prima

Aloe vera

La materia prima empleada para la elaboración del polvo propuesto en este proyecto corresponde a las pencas de *Aloe barbadensis* Miller. Estas deben provenir de plantas adultas de al menos tres años de edad, ya que a esta etapa alcanzan la mayor concentración de compuestos bioactivos (edad productiva). Además, sus hojas deben estar sanas, libres de daños físicos o contaminación microbiológica para garantizar la calidad del gel que será extraído, tratado y secado para obtener finalmente un producto en polvo con características deseadas. Dado que el gel de aloe es altamente perecedero (humedad 98%) y muy sensible a temperaturas elevadas, exige una cuidadosa manipulación postcosecha para preservar sus propiedades funcionales y poder garantizar un suministro regular de materia prima de buena calidad para el proceso productivo.

El gel obtenido está compuesto principalmente por polisacáridos, que representan los compuestos responsables de muchos de los beneficios

para la salud atribuidos al *Aloe vera.* Además, contiene azúcares, aminoácidos, vitaminas y minerales. Uno de los aspectos críticos del procesamiento es la eliminación de la aloína, que es un compuesto presente en el acíbar (sustancia tipo látex, amarillenta y amarga presente en la capa externa de la hoja) y que es conocido por sus propiedades laxantes y su sabor desagradable.

Obtención de la materia prima

Dada la rápida degradación del gel presente en el interior de las hojas de aloe una vez que las mismas son separadas de la planta, resulta de vital importancia contar con un sistema de cosecha y post-cosecha tal que se pueda lograr la menor pérdida de calidad posible de la materia prima previo a su procesamiento. Para ello se establecerán los criterios necesarios teniendo en cuenta los requerimientos del procesamiento industrial del *Aloe vera*.

Criterios de cosecha

Las pecas de *Aloe vera* deben cosecharse sanas, sin daños visibles, libres de enfermedades y provenientes de plantas maduras (3-4 años de edad) para asegurar que todos los componentes de interés de la materia prima estén presentes en plena concentración. Luego de ser retiradas de la planta, se recolectan en cajones plásticos plegables IFCO de 578 x 372 x 198 mm, con capacidad para 20 kg de material.

Una vez recolectadas, las pencas deben transportarse hacia la planta en camiones refrigerados, si las distancias desde el área de cosecha y la

planta son mayores a 80 km, debido a que sufren una rápida descomposición de la matriz del gel por acción enzimática y microbiana. Para disminuir al mínimo el deterioro en la calidad, las hojas recién extraídas se deben refrigerar dentro de las 6 h post-cosecha (4). Incluso empleando frío para su conservación, no es recomendable almacenarlas por un período de tiempo mayor a 2 semanas para evitar grandes pérdidas en la calidad.

Sistema de cosecha y recepción en planta

Se requiere establecer un sistema de cosecha que permita satisfacer la demanda de materia prima del proceso durante el período que dura la ventana de cosecha del aloe (dos cosechas en aproximadamente seis meses). Este período inicia en el mes de diciembre y la segunda cosecha hacia el mes de marzo, pudiendo extenderse la misma hasta mayo o junio dependiendo de las condiciones climáticas, debido a que la planta sufre un notable deterioro cuando las temperaturas descienden por debajo de los 5°C (5) y esto implicaría grandes pérdidas de material.

Se plantea que la recepción de materia prima sea semanal, durante cuatro días (de martes a viernes), y proveniente de la cosecha escalonada de las plantas. Para ello, la misma debe ser sectorizada y ajustada a la frecuencia y volumen de cosecha semanal demandada.

La sectorización se realiza de modo que se logre una cosecha gradual de las plantas que permita una rotación del cultivo para contar con un periodo de regeneración de la planta, dado que las estas son de crecimiento lento y es recomendable no cosechar más de un tercio de la

planta (máximo cuatro hojas externas) en una sola pasada para permitir que la planta recupere energía y regenere nuevas hojas con buen contenido de gel. Al finalizar la cosecha se deben de haber retirado doce hojas a cada planta y, de esta forma, continuar su desarrollo óptimamente hasta la siguiente cosecha.

La cantidad de material a cosechar se estipula en función de la demanda diaria de los equipos principales, secadores, y un márgen de seguridad de materia prima para almacenar y disponer de ella en caso de que la cosecha se vea retrasada o impedida en algún período. De esta manera el equipo continúa operando y se evitan importantes pérdidas económicas.

Bibliografía

(1) Nedmag. *Fruits & Vegetables* [Página web]. Recuperado el 3 de septiembre de 2025, de https://www.nedmag.com/markets-and-applications/food/fruits-vegetables

(2) Código Alimentario Argentino, Capítulo VIII “Aditivos alimentarios”.

(3) Occidental Chemical Corporation. *Food Processing Applications* [Página web]. Recuperado el 3 de septiembre de 2025, de https://www.oxycalciumchloride.com/where-to-use/other-uses/food-processing/

(4) Ahlawat, K. S., & Khatkar, B. S. (2011). *Processing, food applications and safety of aloe vera products: A review*. *Journal of Food Science and Technology, 48*(5), 525–533. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0229-z

(5) Finca Canarias. (8 de enero de 2025). *Planta de aloe vera: ¿cómo cuidarla?* [Página web]. Recuperado el 3 de septiembre de 2025, de https://www.fincacanarias.com/es/blog/news/planta-de-aloe-vera-como-cuidarla

(6) Uppar, J., Ashok, Y., Patel, M.M. & Chawla, S.L. (2024). *Effect of chemical treatments on shelf life and quality of Aloe vera L. leaves.* International Journal of Advanced Biochemistry Research.

CAPÍTULO VI

Descripción del proceso

Índice

Introducción **2**
Recepción y almacenamiento de materia prima 3
Lavado y desinfección 4
Tamañado 4
Pelado 5
Enjuague 5
Homogenización 5
Deshidratación 6
Molienda 7
Envasado 8
Almacenamiento 8
Bibliografía **9**

Introducción

En este capítulo se detallan las sucesivas etapas que integran el proceso de producción de *Aloe vera* en polvo. A continuación se muestra el diagrama de proceso de la línea (Fig. 1).

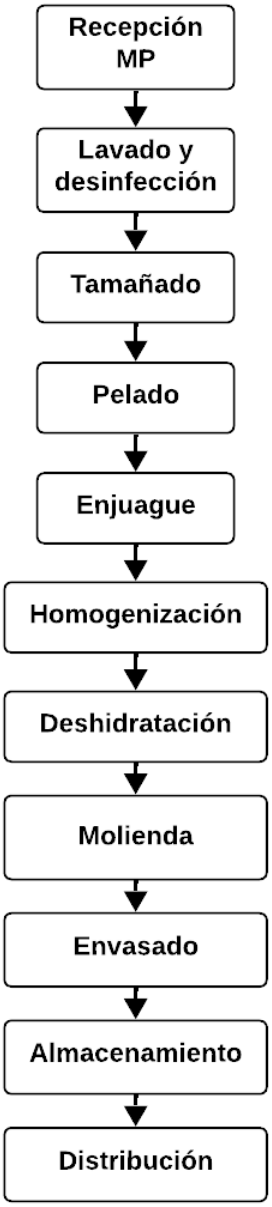


Figura 1. Línea de procesado gel de Aloe vera en polvo.

Recepción y almacenamiento de materia prima

El transporte con la materia prima llega a planta en condiciones ambientales. La cercanía de las plantaciones de *Aloe vera* a la planta de procesamiento permite transportar la cosecha de un punto a otro en cortos períodos de tiempo y evitar así la necesidad de incorporar refrigeración en el transporte.

Previo al ingreso y descarga de la materia prima, el transportista debe presentar la documentación necesaria que avale el cargamento transportado y su entrega (remito). Una vez autorizado, el cargamento ingresa a planta. Las pencas de *Aloe Barbadensis* Miller cosechadas en el día son inspeccionadas de manera visual por el encargado de la recepción para corroborar el estado general del transporte y condiciones de la materia prima al ingreso a planta.

Una vez aceptado el cargamento se realiza un preingreso de la materia prima. Se descarga en zona de recepción, un sector semicubierto delimitado al ingreso de la planta con espacio suficiente para colocar la materia prima en óptimas condiciones ambientales (temperatura y humedad) y sanitarias (higiene, control de plagas) para asegurar el mantenimiento de la calidad y la inocuidad. El material se pesa y luego se deposita aquí hasta el inicio del procesado.

Para la verificación de la calidad del material de partida se efectúa un muestreo con el siguiente criterio:

Materia prima

- Color normal (característico)
- Olor normal (característico)
- Aspecto visual (sin enfermedades visibles, estado de la corteza)
- Temperatura (25 - 30°C)

Aquella mercadería que supere el control de calidad ingresa al proceso, atendiendo a cuestiones higiénico-sanitarias. La mercadería no conforme es apartada y rotulada.

Lavado y desinfección

Se realiza el lavado y desinfección de la materia prima como primera etapa para evitar el ingreso de contaminantes a la línea de procesamiento. Esta se descarga sobre la cinta de un equipo de lavado donde rociadores de agua a presión remueven los residuos contaminantes y posteriormente se sumerge en una solución desinfectante (hipoclorito de sodio al 0,5%) donde permanece durante un tiempo de 3 minutos antes de pasar a la zona de descarga donde se elimina el exceso de agua mediante una cortina de aire. Finalmente la materia prima desinfectada y escurrida es descargada dentro de cajones IFCO para ser trasladada.

Tamañado

Se realiza una selección manual de las pencas de aloe clasificándolas según su tamaño (pequeño, medio, grande) y separándolas en lotes diferentes.

En esta etapa es sumamente importante que los operarios cuenten con los elementos de protección personal (EPP) adecuados para evitar posibles daños por corte o pinchazos con las espinas de las pencas.

Pelado

Las pencas son colocadas de forma manual en una máquina peladora. Esta posee un sistema de extracción por fileteado mecánico automático, mediante el cual separa la pulpa, o gel, de la corteza de la

hoja realizando un pelado mecánico. El gel es descargado por un lado del equipo en forma de filetes delgados y colocado dentro de recipientes de acero inoxidable. Mientras que la corteza separada sale por otra descarga y es separada como subproducto con la posibilidad de un procesamiento posterior para elaborar un biopesticida (1).

Los filetes de gel son descargados dentro de recipientes de acero inoxidable para su transporte manual hacia la siguiente etapa.

Enjuague

Los filetes de gel de aloe son llevados en cajones hacia un túnel de lavado por aspersión. Allí se enjuagan con agua para eliminar los residuos superficiales de acíbar y así lograr la reducción del contenido de aloína en el producto (2). Finalmente son colocados dentro de recipientes de acero inoxidable para su transporte manual hacia la siguiente etapa.

Homogenización

El gel se coloca dentro de una homogeneizadora industrial que consta de un eje con cuatro cuchillas.

Se homogeniza el material a 3560 rpm durante 2 minutos (ver anexo). El resultado es un gel de consistencia uniforme, fluido y con poca presencia de espuma.

El gel homogeneizado es llevado en recipientes de acero desde la boca de descarga del equipo hacia un tanque pulmón que luego es bombeado y se lo distribuye como alimentación a los equipos de secado.

Deshidratación

El gel de *Aloe vera* es deshidratado empleando un equipo que utiliza la tecnología de Ventana de Refractancia. El mismo es depositado de forma controlada sobre una película transportadora de poliéster (Mylar®) resistente al calor, y esparcido por medio de un peine metálico en una lámina uniforme de aproximadamente 3 mm de espesor. La película ingresa a un túnel provisto de forzadores para extraer el vapor de agua y avanza a baja velocidad sobre una superficie de agua caliente contenida dentro de un depósito de acero inoxidable, que se mantiene en contacto directo con la película, a una temperatura constante que puede ir de 80°C (según el diseño y la sensibilidad térmica del producto). El calor se transfiere por conducción, y en menor medida por radiación, a través de la membrana Mylar® hacia la matriz húmeda, generando la evaporación progresiva del agua contenida en el gel y evitando el sobrecalentamiento del material a secar gracias a que alcanza temperaturas en la superficie de secado que rara vez superan los 70°C.

Durante el recorrido dentro del túnel, el contenido de humedad del gel disminuye progresivamente hasta alcanzar bajos valores de humedad, conservando características sensibles como color, aroma, compuestos bioactivos y propiedades funcionales del *Aloe vera*.

Al finalizar el trayecto, el producto seco abandona el túnel en forma de lámina delgada y es retirado cuidadosamente mediante un sistema de raspado con cuchilla rígida, que lo separa de la película transportadora sin causar daños mecánicos. El material deshidratado es recolectado en tolvas provistas por recipientes cerrados, minimizando su contacto con el aire para evitar la reabsorción de humedad y preservar su estabilidad

fisicoquímica. Estos recipientes se encastran en las descargas de la tolva y actúan de recipiente intermedio antes de la etapa siguiente. La tolva está provista de una válvula para que cuando se llene el recipiente el polvo de aloe continúe su descarga en la misma ya que el secado es un proceso contínuo.

Molienda

Una vez obtenido el material seco, se realiza su molienda para reducir el tamaño de partícula y obtener un polvo fino y homogéneo que cumpla con los estándares de calidad exigidos. Esto se logra empleando un molino de impacto, el cual cuenta con un rotor de impacto con velocidad ajustable, que proyecta las partículas contra una criba, logrando un tamaño de partícula que tal que el 99% atraviese la malla Mesh n° 100 (149 µm).

Una vez finalizada la molienda, el polvo resultante se colecta dentro de un tanque pulmón que cuenta con inyección de dióxido de carbono y filtros de aire que aseguran una atmósfera interna controlada, libre de oxígeno, que protege al polvo altamente higroscópico y susceptible a la oxidación.

Envasado

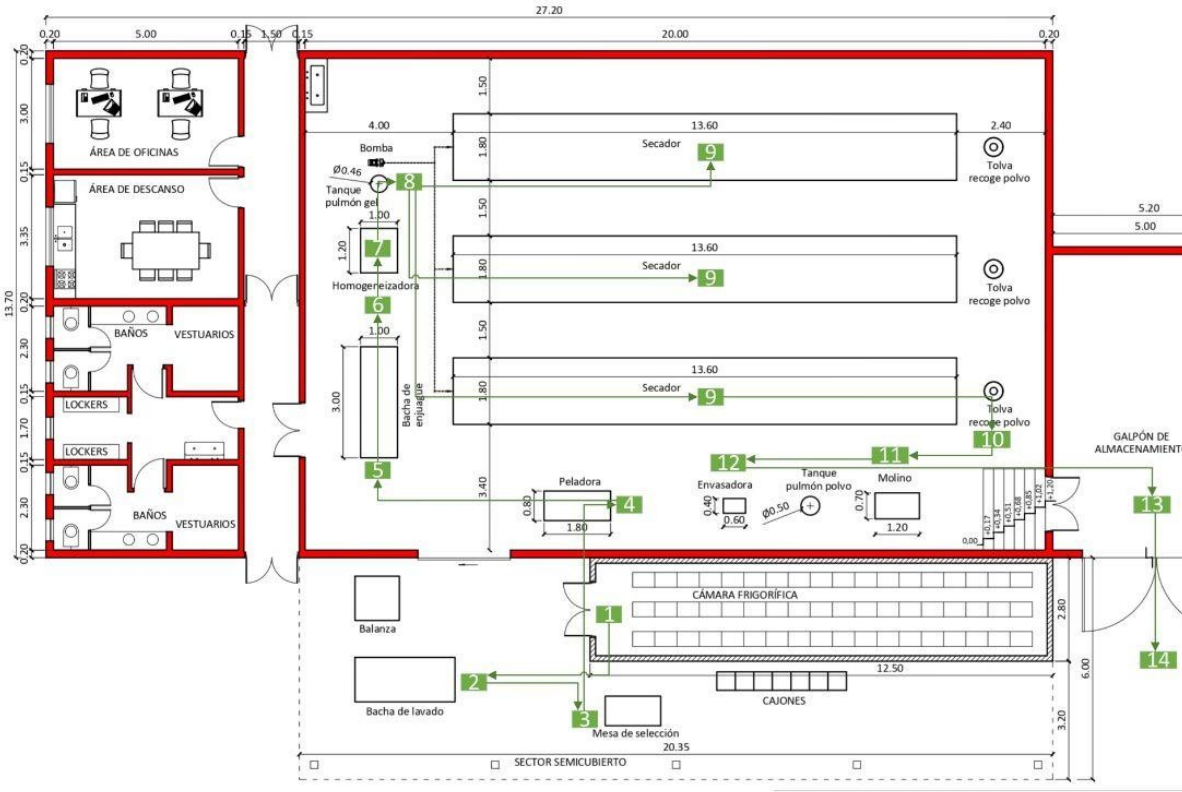
El polvo de *Aloe vera* ingresa desde el tanque pulmón a una máquina envasadora adecuada para grandes formatos. De esta forma es envasado en bolsas trilaminadas de 25 kg y selladas térmicamente para mantener el producto aislado del ambiente.

En cada envase se coloca una etiqueta con la información correspondiente: denominación del producto, lote, fecha de elaboración y

vencimiento, contenido neto, instrucciones de almacenamiento y datos del productor.

Almacenamiento

El producto envasado es trasladado a la zona de almacenamiento. Los envases se almacenan en estanterías limpias, elevadas del suelo, y protegidas de la luz solar directa hasta su paletizado. El almacenamiento se organiza siguiendo criterios de rotación de stock y se lleva un control del inventario y de las condiciones ambientales para garantizar la trazabilidad y calidad del producto final.


27.20
ÁREA DE OFICINAS
ÁREA DE DESCANSO
BAÑOS
VESTUARIOS
LOCKERS
LOCKERS
BAÑOS
VESTUARIOS
Bomba
Tanque pulmón gel
Homogeneizadora
Bacha de enjuague
Secador
Secador
Secador
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Peladora
Envasadora
Tanque pulmón polvo
Molino
GALPÓN DE ALMACENAMIENT
CÁMARA FRIGORÍFICA
Balanza
Bacha de lavado
Mesa de selección
CAJONES
SECTOR SEMICUBIERTO
20.35
12.50
20.00
13.60
13.70

Bibliografía

1. *Comprar hoja fresca de aloe vera. Criterios de calidad*. (20/08/2016) Control Bio. Recuperado de: https://controlbio.es/blog/c/90_comprar-hoja-fresca-de-aloe-vera-criterios-de-calidad.html.
2. Mejía-Terán, A. L. (2011). *Efecto de la deshidratación por radiación infrarroja sobre algunas características fisicoquímicas de interés comercial del Aloe vera (Aloe barbadensis)* (Tesis de Maestría). Universidad de La Sabana, Colombia.
3. Sigma-Aldrich. (2025). *Particle size conversion table*. Sigma-Aldrich. Recuperado el 29 de septiembre de 2025, de https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/support/calculators-and-apps/particle-size-conversion-table?srsltid=AfmBOoq3OBFn2xFDNFVA5L-ah3j3t81YVMPwGv0MqiFh4weOGZZbt294

CAPÍTULO VII

Balance de materia y energía

Índice

Introducción **2**
Balance global **2**
Pelado 4
Balance de materia 5
Secado por Ventana Refractaria 5
Balances de materia 6
Balance de energía 7
Bibliografía **12**

Introducción

En este capítulo se presentan los balances de materia y energía correspondientes al proceso de secado de *Aloe vera* por ventana refractaria. El proceso de secado tiene como objetivo reducir el contenido de humedad del gel para obtener un polvo con características de alta calidad y que se conserve en el tiempo. Se incluye la descripción de las condiciones operativas, los balances de materia y energía, y diagramas de flujo representativos del proceso.

Balance global

En este apartado se presenta el balance global de materia del proceso completo, desde el ingreso de las pencas hasta la obtención del polvo. Las principales etapas del proceso donde hay intercambio de materia son el pelado (separación de la corteza del gel) y el secado (deshidratación).

Se incluyen balances generales, de sólidos y de agua, para identificar y cuantificar las corrientes de entrada y salida.

En condiciones de operación, el equipo secador es el que define los caudales de proceso, estableciendo un ingreso de 36 Kg/h de gel, considerando que cada penca aporta en promedio 0,3 Kg de gel y presenta un peso total de 0,5 Kg. Las horas efectivas de funcionamiento se estiman en 21 h/día, lo que permite dimensionar la capacidad real del sistema productivo. El rendimiento neto del secado, incluyendo las pérdidas inherentes al proceso, es del 1,9 % respecto al peso fresco del gel, lo que determina la cantidad de polvo efectivamente obtenida.

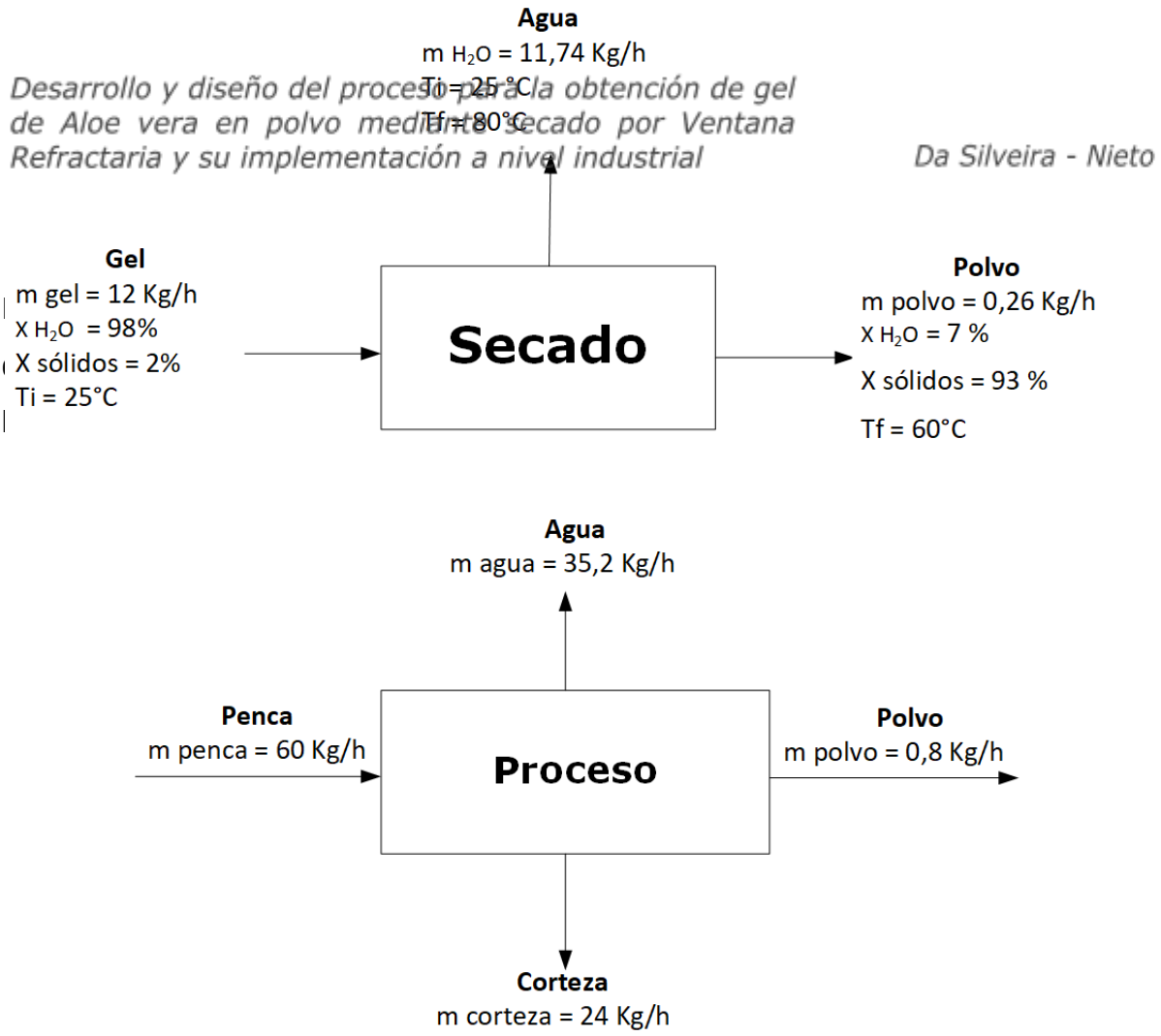


Figura 1. Esquema balance general de materia del proceso.

Caudal de pencas:

$$N_{pencas,h} = \frac{M_{gel,h}}{0{,}3\ Kg\ gel/penca} = \frac{36\ Kg\ gel\ /h}{0{,}3\ Kg\ gel/penca} = 120\ pencas/h$$

$$M_{pencas,h} = 120\ pencas/h * 0,5\ Kg/\ penca\ = 60\ Kg\ penca\ /\ h$$

$$N_{pencas,día} = 60\ Kg\ penca\ /\ h * \frac{21\ h}{1\ día} = 1260\ Kg\ penca\ /día$$

$$M_{pencas,día} = 1260\ \ penca/día * 0,5\ Kg/\ penca\ = 630\ Kg\ penca\ /\ día$$

Caudal de gel:

$$M_{gel,día} = 36\ Kg/h \times \ \frac{21\ h}{1\ día} = 756\ Kg\ gel\ \ /día$$

Balance general:

$$m_i = m_{polvo} + m_{corteza} + m_{vapor}$$

$$m_{corteza} = 60\ Kg/h - 0,8\ Kg/h - 35,2\ Kg/h$$

$$m_{corteza} = 24\ Kg/h$$

Balance sólidos:

$$m_{sólidos\ i} = m_{sólidos\ polvo} + m_{sólidos\ corteza}$$

$$60\ Kg/h * (1 - 0,98) = 0,8\ Kg/h * (1 - 0,07) + m_{sólidos\ corteza}$$

$$m_{sólidos\ corteza} = 0,46\ Kg/h$$

$$X_{sólidos\ corteza} = \frac{0,46\ Kg/h}{24\ Kg/h} = 0,02$$

Balance de agua:

$$m_{H_20\ i} = m_{H_20\ polvo} + m_{H_20\ corteza} + m_{H_20\ vapor}$$

$$60\ Kg/h * 0,98 = 0,8\ Kg/h * 0,07 + m_{H_20\ corteza} + 35,2\ Kg/h$$

$$m_{H_20\ corteza} = 23,5\ Kg/h$$

Pelado

Para realizar los cálculos de balance de masa en la etapa de pelado se tuvo en cuenta que el caudal de gel es 36 kg/h y el rendimiento de gel

por penca es 0,3 kg/penca. El peso promedio de cada penca en edad madura es de 0,5 Kg una.

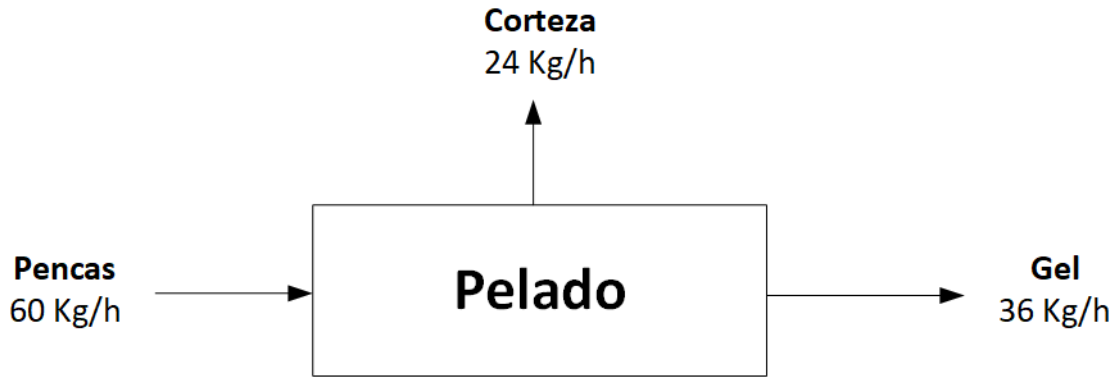


Figura 2. Esquema balance de masa de la etapa de pelado.

Balance de materia

Número de pencas procesadas por hora:

$$N = \frac{36\ kg\ gel/h}{0{,}3\ kg/penca} = 120\ pencas/h$$

Masa de pencas procesadas por hora:

$$mpencas = 120\ pencas/h \times 0,5\ kg/penca = 60\ kg/h$$

Masa de corteza generada por hora:

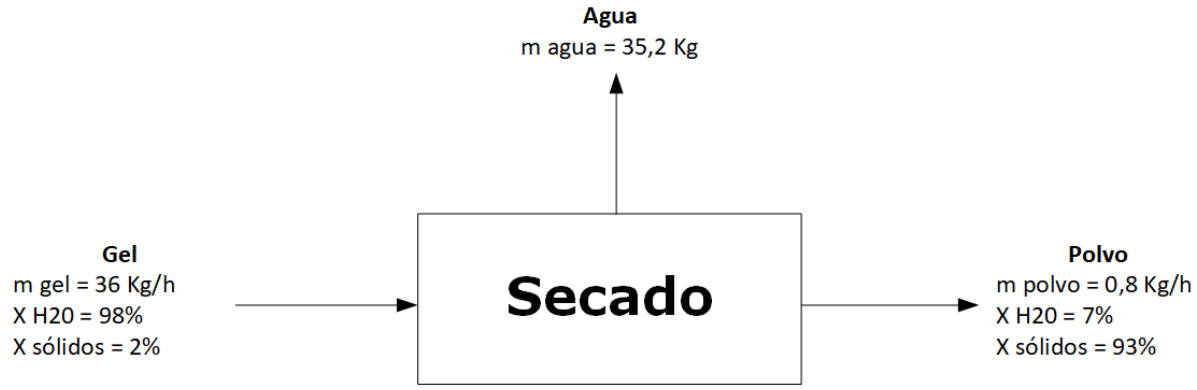
$$mcorteza = 60\ kg/h - 36\ kg/h = 24\ kg/h$$

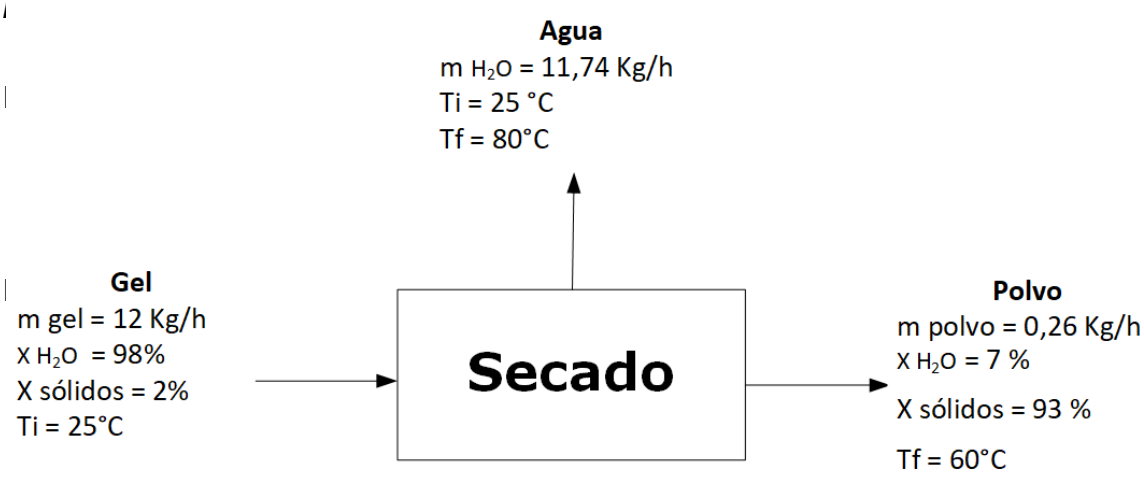
Secado por Ventana Refractaria

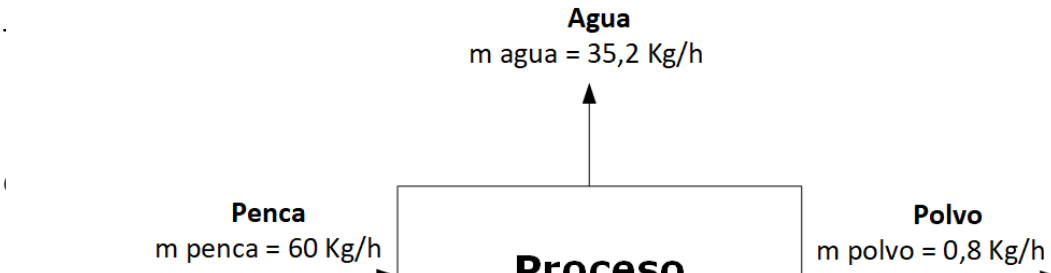
Para el proceso de secado de *Aloe vera* se considera un caudal de alimentación de 36 kg/h de gel con una humedad inicial de 98% y un contenido de sólidos del 2%. Durante esta etapa, el agua es removida

como vapor y el producto final corresponde al polvo de *Aloe vera,* por cuestiones de calidad se fijó la humedad final al 7%.

Para determinar la capacidad de producción de polvo del equipo se realizó el balance global de materia y se determinó la cantidad de agua evaporada por hora.







$$m_{agua\ evaporada} = m_{gel} - m_{polvo} = 36\ Kg/h - 0,8\ Kg/h = 35,2\ Kg/h$$

Rendimiento teórico:

$$\eta\ teórico = \frac{0,8\ Kg/h}{36\ Kg/h} * 100 = 2,2\ \%$$

Rendimiento real, se considera que hay 14% de pérdidas durante el proceso de secado:

$$\eta\ real = 1,9\%$$

Balance de energía

El balance de energía considera los requerimientos térmicos del sistema, desde el calentamiento del gel de aloe (de 25 °C hasta 60 °C). El área de transferencia de calor correspondiente al Mylar, involucra fenómenos de conducción y radiación, debido a las propiedades del material. Asimismo, se calcula la energía de evaporación del agua y la necesaria para calentar el agua del secadero. Se contemplan también las pérdidas térmicas, donde hay disipación de calor por conducción y convección a través del equipo de secado. En este proyecto se prevé la instalación de tres equipos de 12 kg de gel/h cada uno, de modo que el balance de energía se presenta inicialmente para un solo equipo, y luego se enuncia el valor para el total de los equipos.

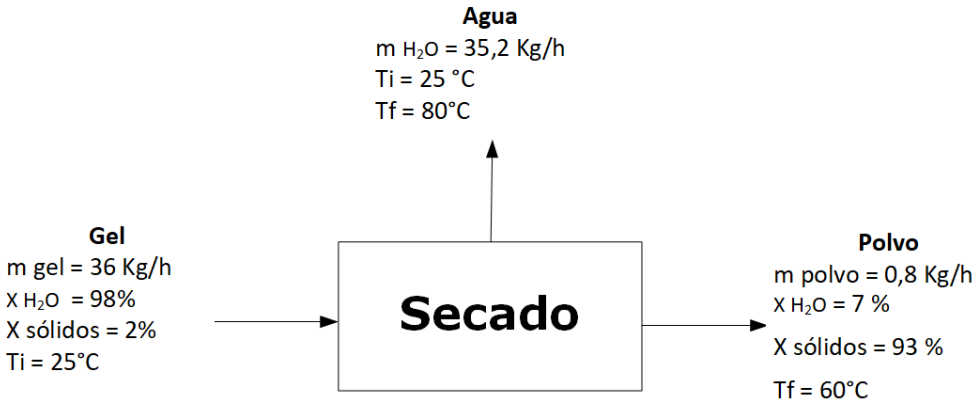


Figura 4. Esquema balance de energía de la etapa de secado.

Calor sensible

En este apartado se cuantifica el calor sensible requerido por el proceso para elevar la temperatura del gel de aloe desde la temperatura de alimentación (25°C) hasta la temperatura de operación (60°C). El calor sensible no produce cambio de fase; únicamente incrementa la energía interna del material al subir su temperatura.

El cálculo del calor específico (Cp, J/kg·°C) se realizó de acuerdo con la ecuación propuesta en bibliografía para alimentos con alto contenido en agua:

$$Cp = 0.837 + 3349\ H_{inicial}$$

$$Cp = 0,837 + 3349 * 0,98 = 3282,9\ J/Kg^{o}C = 3,28\ KJ/Kg^{o}C$$

$$Q_{sensible} = m_{aloe} * Cp * \Delta T$$

$$Q_{sensible} = 12\ kg/h \times 3,28\ \frac{KJ}{KgK} \times (333 - 298)\ K = 1378\ KJ/h = 383\ W$$

Calor latente de vaporización

El calor latente está asociado al cambio de fase líquido/vapor, como el agua de calefacción del equipo está a 80°C se considera la entalpía de vaporización a dicha temperatura (λ_w)= 2296 kJ/kg. Para el cálculo se toma en cuenta la masa de agua evaporada por hora en el sistema.

$$Q_{latente} = m_w * \lambda_w$$

$$Q latente = 35,2\ kg/h \times 2296\ kJ/kg = 80819\ kJ/h = 22450\ W$$

Pérdidas de calor por construcción

En esta sección se cuantifican las pérdidas térmicas estructurales del secador por ventana refractaria. Estas pérdidas ocurren entre el material, el agua y el aire. Por lo que, para su cálculo, se toma en cuenta la conducción del material metálico (acero inoxidable), la conducción en el agua y la convección en el aire.

Los cálculos se realizan sobre el área útil de secado del equipo (10 m × 1 m = 10 m²). El tanque contenedor del fluido calefactor (bajo la película) posee un volumen de 1 m³ (0,1 m de alto). La cubierta superior, corresponde a la película Mylar; no se tendrá en cuenta aquí ya que pertenece al calor útil al producto. El material estructural en contacto con agua es acero inoxidable AISI 304 (SS-304), con un espesor de 3 mm.

Tabla 1. Características del equipo: fondo, paredes, película.

Área	Composición del tanque	Área (m^2)	K: conductividad térmica (W/mK)	X: espesor (m)

Fondo	Acero inox SS-304	10	16,2	0,003
Paredes	Acero inox SS-304	2,2	16,2	0,003
Película	Poliéster Mylar	10	0,15 (1)	0,000175 (1)

Tabla 2. Características del agua (medio de calefacción) y aire.

Medio	**Temperatura (K)**	**h coeficiente por convección (W/m ^{2}K)**	**K (W/mK)**
Agua	353	60000	0,68
Aire	298	30	

1. A través de las paredes

El agua contenida en el tanque está a 80°C (T_1) el calor se disipará al ambiente que posee una temperatura promedio de 25°C (T_2).

$$Q_{Paredes} = \frac{\Delta T}{RT} = \frac{\Delta T}{R1+R2+R3} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{hA}+\frac{x}{KA}+\frac{1}{hA}}$$

$$Q_{Paredes} = \frac{(353-298)K}{\frac{1}{30\ W/m^2K * 2{,}2m^2}+\frac{0{,}003\ m}{16{,}2\ W/mK * 2{,}2m^2}+\frac{1}{60000\ W/m^2K * 2{,}2m^2}} = 3608\ W$$

Donde:

h = coeficiente por convección (W/m^2K)

A = área de intercambio

x = espesor del material

K = conductividad térmica (W/mK)

ΔT = diferencia de temperatura entre el entorno y el fluido calefactor

RT = Resistencia total a través de la pared

2. Calor transferido a través del fondo

El agua contenida en el tanque está a 80°C, el calor se disipará al ambiente que posee una temperatura promedio de 25°C.

$$Q_{Fondo} = \frac{\Delta T1}{RT1} = \frac{\Delta T}{R1+R2+R3} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{hA}+\frac{x}{KA}+\frac{1}{hA}}$$

$$Q_{Fondo} = \frac{(353-298)K}{\frac{1}{30\ W/m^2K * 10m^2}+\frac{0{,}003\ m}{16{,}2\ W/mK * 10m^2}+\frac{1}{60000\ W/m^2K * 10m^2}} = 16400\ W$$

h = coeficiente por convección (W/m^2K)

A = área de intercambio

x = espesor del material

K = conductividad térmica (W/mK)

ΔT = diferencia de temperatura entre el entorno y el fluido calefactor

RT = Resistencia total a través del fondo

Calor transferido a través de la película Mylar

El calor útil que está en contacto con el producto a través de la película Mylar, en el sentido agua/Mylar/gel. Por cuestiones de diseño, solo interesa el flujo por la parte superior del Mylar (en contacto con el gel de *Aloe vera)*, porque es el que participa en calentamiento y evaporación del agua del producto. Por ende, las temperaturas utilizadas en el cálculo son 60°C (gel) y 80°C (fluido calefactor).

$$Q_{Mylar} = Q_{radiación} + Q_{conducción}$$

$$Q_{conducción} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{hA}+\frac{x}{KA}}$$

$$Q_{conducción} = \frac{(353-333)\ K}{\frac{1}{60000\ W/m^2K * 10m^2}+\frac{0{,}000175\ m}{0{,}15\ W/mK\ * 10m^2}} = 169014\ W$$

$$Q_{radiación} = A * \epsilon * \sigma * (T_1^4 - T_2^4) + \frac{K*A*(T1-T2)}{x}$$

$$Q_{radiación} = 10\ m^2 * 0,3 * 5,67 x 10^{-8}\ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} * (353\ K^4 - 333\ K^4) = 550\ W$$

$$Q_{Mylar} = 550\ W + 169014\ W = 169564\ W = 169,5\ kW$$

Calor global

$$Q_{efectivo} = Q_{latente} + Q_{sensible} + Q_{mylar} = 22450\ W + 383\ W + 169564\ W$$

$$Q_{efectivo} = 192\ kW$$

$$Q_{efectivo\ para\ 3\ equipos} = 577\ kW$$

$$Q_{pérdidas} = Q_{fondo} + Q_{pared} = 16400\ W + 3618\ W$$

$$Q_{pérdidas} = 20\ kW$$

$$Q_{pérdidas\ para\ 3\ equipos} = 60\ kW$$

Bibliografía

(1) Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Mundi-Prensa.

(2) GenexTech Projects LLP. (2025). *Proforma invoice No. GTECH/144/PG/SG/SKM/2025_R3: Technical specification of the Genex Tech Refractance Window Dryer* [Ficha técnica]. GenexTech Projects LLP.

CAPÍTULO VIII

Adopción de equipos y layout

Índice

Introducción **1**
Recepción de materia prima **2**
Cajón plástico 2
Balanza de plataforma 2
Bacha de clorado y lavado **3**
Tamañado **4**
Mesada sanitaria 4
Jaula de almacenamiento 4
Pelado **5**
Túnel de enjuague **6**
Homogeneizadora **8**
Tanque pulmón de gel **9**
Recipientes para contener polvo **15**
Molino **15**
Almacenamiento polvo **16**
Tanque pulmón polvo 16
Tiempo para alcanzar 25 kg: 17
Volumen requerido para almacenar el polvo: 17
Cilindro CO2 18
Envasado **19**
Envasadora y selladora 19
Compresor 21
Almacenamiento de la materia prima **21**
Cámara 21
Estanterías móviles 22

Introducción

El presente capítulo describe la adopción y especificación de los equipos que integran la línea de obtención de polvo de *Aloe vera*. El diseño de la línea de secado se fundamenta en la capacidad de tres secadores de ventana refractaria instalados en paralelo, cada uno con un caudal nominal de 12 kg/h de gel, lo que determina una alimentación total de 36 kg/h. A partir de este requerimiento se dimensionan las etapas previas y posteriores, de modo de garantizar un suministro estable y sin interrupciones. La selección de los equipos se realizó considerando tanto la disponibilidad comercial de modelos adecuados como los principios de diseño higiénico, priorizando el uso de acero inoxidable en superficies en contacto, conexiones clamp sanitarias y la posibilidad de limpieza CIP.

Recepción de materia prima

Cajón plástico

Para la etapa de recepción de materia prima se seleccionaron contenedores plásticos reutilizables tipo IFCO, el modelo elegido posee un tamaño de 60 × 40 × 22 cm. Este formato es adecuado para pencas, ya que el largo ronda los 50-60 cm de largo. Son ampliamente utilizados en la industria hortofrutícola por sus características de apilabilidad, ventilación, facilidad de manipulación y sanitización. Estos recipientes, fabricados en material plástico de alta resistencia, cuentan con sistema lift-lock que permite un rápido plegado y desplegado, optimizando el almacenamiento en vacío y asegurando una adecuada higiene y durabilidad en procesos con requerimientos sanitarios estrictos.

Considerando que cada caja admite hasta 20 kg de pencas de *Aloe vera*, para procesar un total de 1.300 kg diarios resulta necesario disponer de 52 unidades. De esta manera, se garantiza que la materia prima pueda ser recibida y manipulada en condiciones adecuadas de integridad física, limpieza y eficiencia operativa.

Precio unitario: USD 15.

Balanza de plataforma

Para el pesaje de pencas se emplea una balanza digital de plataforma con capacidad 1000 kg y precisión ± 0,1 %. Las dimensiones de la plataforma son de 1200 × 1200 mm, con una estructura en acero inoxidable.

Parámetros de la balanza:

- Voltaje de alimentación: 220 V
- Consumo: 0,1 kW

Precio unitario: 1500 USD.

Bacha de clorado y lavado

La sanitización de las pencas de *Aloe vera* se realiza en un equipo automático. Construido íntegramente en acero inoxidable de grado alimenticio, con una estructura robusta y diseño sanitario que facilita la limpieza y el mantenimiento. Las dimensiones aproximadas son de 2600 × 1200 × 1350 mm.

El sistema opera de manera continua mediante una banda transportadora con rociadores de agua a presión, complementados con burbujeo que asegura la remoción de suciedad, residuos de látex y compuestos fenólicos superficiales de la penca.

La capacidad nominal del equipo es de 300 kg/h de materia prima, lo que otorga holgura operativa. El sistema incluye un tanque de recirculación con bomba sanitaria y filtros de malla para retención de sólidos. La descarga del equipo incorpora un cuchillo de aire que elimina el exceso de agua en las hojas antes de ingresar a la siguiente etapa, reduciendo el arrastre de líquido. Además, el equipo dispone de tapas de inspección, sistema de drenaje y posibilidad de integración a CIP.

Parámetros del equipo:

- Caudal de la bomba: 1,5–2,0 m³/h
- Presión de la bomba: 2–3 bar
- Consumo de agua: 0,4–0,6 m³/h
- Potencia de la bomba: 1,1–1,5 kW
- Potencia del reductor de la cinta transportadora: 0,55–0,75 kW
- Voltaje de alimentación: 380 V



Figura 1. Equipo destinado al lavado y desinfección de las pencas.

Precio unitario: USD 4950.

Tamañado

Mesada sanitaria

Esta operación se realiza manualmente sobre mesadas de acero inoxidable. Ofrece una superficie lisa y resistente a la corrosión, apta para manipulación de alimentos, con bordes redondeados que facilitan la limpieza y evitan acumulación de residuos. La mesada posee medidas de 1500 x 800 mm.

Precio unitario: USD 660.

Carro de transporte

Se emplea un carro manual para transportar los lotes distribuidos en cajones plásticos según su tamaño para luego alimentar la peladora.



Precio unitario: USD 450.

Pelado

La separación del gel de la corteza, junto con la remoción de las espinas laterales, se realiza en una peladora automática especialmente

diseñada para pencas de aloe. El equipo cuenta con un sistema de alimentación que recibe directamente las pencas lavadas y, mediante cuchillas enfrentadas, elimina de manera simultánea los bordes espinosos y la epidermis verde, entregando filetes de gel limpios y uniformes. El tamaño del equipo es de 1800 × 800 × 1200 mm. Su capacidad nominal es de 100 kg/h, lo que ofrece un margen operativo, evitando cuellos de botella y permitiendo absorber variaciones en calibre o interrupciones menores.

La descarga de gel se recibe en cubas de acero inoxidable 325 x 265 x 200 mm, que permiten su traslado manual a la etapa de enjuague, minimizando tiempos de exposición y garantizando la inocuidad del producto. Se consta con 3 unidades en rotación: uno colectando, uno en transporte, uno en lavado. Paralelamente, las cáscaras y espinas se colectan en cajones plásticos tipo IFCO de dimensiones aproximadas 600 × 400 x 200 mm, que se acoplan de forma práctica a la descarga de la máquina. Una vez colmados, estos cajones son volcados en tambores plásticos, los cuales constituyen la unidad de almacenamiento.

Parámetros del equipo:

- Potencia del motor: 1,5–2,2 kW
- Voltaje de alimentación: 380 V
- Consumo de agua por ciclo de limpieza: 100 L



Figura 3. Equipo de pelado automático de pencas.

Precio unitario: USD 9000.

Precio unitario: USD 516

Para el traslado de los filetes de gel se utilizan cubetas de 20 L de acero inoxidable.



Figura 4. Recipiente contenedor de filetes de aloe.

Precio unitario: 23 USD.

Las cáscaras son almacenadas en cajones IFCO (a la salida del equipo) y se van descargando periódicamente en bins de madera ubicados en el exterior de la planta.

Túnel de enjuague

La reducción del contenido de aloína en el gel se realiza en un túnel de lavado por aspersión, con recirculación de agua; de capacidad nominal de 300 kg/h de producto vegetal.

El túnel integra una banda transportadora sanitaria y dos rampas de aspersión y un tanque de recirculación de 200 L; de dimensiones 3000 × 1000 × 1600 mm.

A la salida, se mantiene la misma lógica operativa implementada en la etapa anterior. El gel enjuagado se colecta nuevamente en las mismas cubetas, que actúan como recipientes intermedios para su traslado inmediato hacia la homogeneizadora. Este sistema, basado en recipientes móviles de grado alimenticio y en rotación (uno en llenado, otro en transporte y un tercero en espera), permite mantener un flujo continuo de materia prima sin interrupciones, a la vez que reduce los tiempos de exposición y los riesgos de contaminación cruzada.

Parámetros del equipo:

- Potencia de la bomba: 1,5 kW
- Caudal de la bomba: 1,5–2 m^3/h
- Presión de la bomba: 3 bar
- Potencia del motor de la cinta: 0,75 kW
- Potencia total del equipo: 2,0–2,5 kW,
- Caudal de agua: 18 L/h
- Filtros: 50 a 10 µm



Figura 5. E l.

Precio unitario: USD 5250.

Homogeneizadora

Para esta operación se adoptó una homogeneizadora industrial, con 4 cuchillas de aspas, que cuenta con un rango de operación de 50 L/h, lo que le otorga margen suficiente y facilita la limpieza. Ocupa un espacio de 1500 x 700 x 600 mm. El consumo de agua del equipo se limita a los ciclos de limpieza CIP.

Desde la válvula de descarga se monta una abrazadera Tri-Clamp, una junta EPDM/PTFE (1½"), adaptador Tri-Clamp (espiga 1"), manguera sanitaria 1" (silicona/EPDM, succión corta), válvula check y válvula de corte antes de la bomba.

Parámetros del equipo:

- Potencia del motor: 5 HP
- Voltaje de alimentación: 220/380 V

- Consumo promedio de agua de lavado: 65 L/ciclo
- Velocidad: 3560 RPM



Figura 6. Equipo de homogeneización del gel.

Precio unitario equipo: USD 9300.

Precio total accesorios: USD 1325.

Tanque pulmón de gel

El equipo adoptado corresponde a un contenedor sanitario de acero inoxidable de 100 L. Para uso como tanque pulmón de gel de aloe, opera a presión ambiente, permitiendo recibir la descarga desde la operación anterior y estabilizar el flujo hacia el secador. La capacidad del tanque proporciona una autonomía de aproximadamente 2 h y 46 min a un flujo de 36 L/h de gel, suficiente para absorber paradas de limpieza sin comprometer la continuidad del secado.

Para la descarga se coloca una conexión Tri-Clamp 1″ y se monta válvula mariposa TC 1″ y un tramo corto de manguera 1″ grado

alimentario a la succión de la bomba; se añade en descarga un bypass T de retorno al tanque para cebado y limpieza.

Cálculo de tiempo de autonomía:

$$Tiempo\ de\ autonomía = \frac{V\ útil}{Q} = \frac{100\ L}{36\ L/h} = 2\ h\ 46\ min$$

Donde:

$V útil$ = volumen disponible en el pulmón [L]

Q = caudal de consumo [L/h]

Parámetros del tanque:

- Consumo promedio de agua de lavado: 40 L por ciclo
- Tamaño del tanque: Ø 460 mm, alto 690 mm, boca superior 230 mm



Figura 6. Tanque pulmón para gel.

Precio unitario tanque: USD 2100.

Precio total accesorios: USD 1988.

El fluido se transporta mediante bomba tipo Moyno L-Frame de desplazamiento positivo con variador de frecuencia para regular el caudal fino del gel.



Fig

Parámetros de la bomba.

- Caudal: 100 L/h
- Presión: 10 bar
- Potencia del motor: 1-2 HP
- Voltaje de alimentación: 220-380 V
- Conexión sanitaria: Tri-Clamp 1"
- Dimensiones:

Precio unitario: USD 6000.

El sistema de distribución aérea, diseñado para conducir el gel desde el tanque pulmón hacia los tres secadores, se compone de un colector principal en acero inoxidable sanitario (manifold) alimentado por una bomba de desplazamiento positivo, desde el cual parten tres derivaciones idénticas. En cada rama se dispone, en primer lugar, de una válvula antirretorno (válvula check), que evita el reflujo de producto hacia el colector y previene contaminaciones cruzadas entre líneas. A continuación, se incorpora un caudalímetro sanitario magnético, destinado

a medir y verificar el caudal suministrado a cada secador, lo que permite ajustar la distribución de manera precisa. Seguidamente, se instala una válvula de control tipo diafragma, cuya función es modular el flujo y asegurar un reparto uniforme entre las tres ramas, minimizando variaciones debidas a pérdidas de carga diferenciales. Finalmente, cada línea cuenta con una válvula mariposa sanitaria on/off, ubicada próxima a la entrada del secador, que permite el aislamiento rápido de la rama para operaciones de mantenimiento o limpieza. El manifold y las derivaciones se soportan en altura mediante estructura metálica con pendiente de 1–2 % lo que favorece el drenaje completo durante la operación y evita zonas de

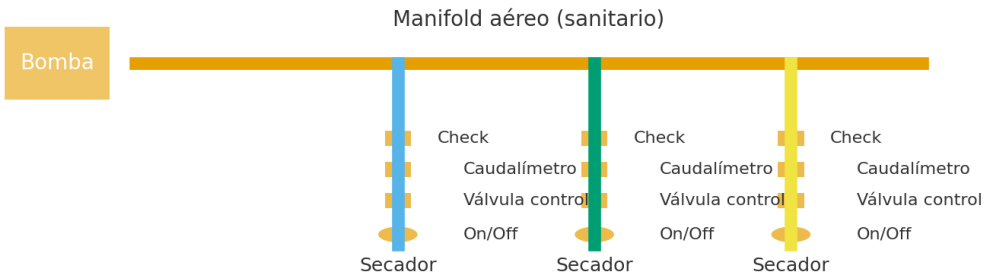


Figura 8. Sistema de distribución aérea del gel.

Precio total: USD 2448.

Secador de ventana refractaria

Para esta planta se han adoptado tres unidades de capacidad 12 kg/h de gel cada una, operando en paralelo. De esta manera se alcanza una capacidad total de 36 kg/h de alimentación de gel fresco.

Cada secador cuenta con una superficie efectiva de secado de 10 m² (dimensiones de 10 m de largo × 1 m de ancho), ocupando un espacio total de 13,6 m × 1,8 m × 2,6 m. El diseño incorpora un sistema tubular de acero inoxidable, con cubierta superior en acero inoxidable y ventanas de inspección. El producto se distribuye de manera uniforme sobre una película de Mylar importada, altamente durable y de excelente conductividad térmica. La descarga se efectúa mediante un raspador en acero inoxidable, mientras que un sistema de cepillo asegura la limpieza continua de la película.

El equipo incluye un sistema de calentamiento de agua eléctrico con resistencias, controladas mediante panel central con regulación automática de temperatura. Como complemento, se incluyen lámparas infrarrojas que incrementan la eficiencia de evaporación, un sistema de ventilación forzada para remover aire húmedo y rodillos de arrastre con sistema de tracking. La línea de secado está diseñada con todos los elementos críticos incluidos: tanque de agua caliente en acero inoxidable, sensores de temperatura, válvulas, manómetros, y control automático de proceso. La reposición de agua en el circuito cerrado es mínima, limitada a compensar pérdidas por evaporación y purgas de mantenimiento. Los equipos cumplen con normativas internacionales de seguridad alimentaria y certificaciones ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018, lo que respalda su fiabilidad y adecuación al uso en la industria de alimentos y nutracéuticos.

Parámetros de los equipos:

- Potencia de las resistencias eléctricas: 240 kW
- Voltaje de alimentación: 380 v
- Caudal de agua: 20–30 L/día

- Potencia motor de cinta transportadora: 4,5 kW
- Potencia accionamiento del esparcidor: 1,5 kW
- Potencia sistema de extracción: 22,5 kW
- Potencia cepillo de limpieza: 1,5 kW
- Pc
- Pc



Precio unitario: USD 93500.

A la salida del secador se incorpora una tolva receptora en acero inoxidable, diseñada con un ancho equivalente al de la cinta transportadora (1 m) y de configuración angosta en sentido transversal, de manera que pueda captar todo el flujo de polvo desprendido por el raspador de descarga. La tolva presenta un cuerpo prismático–cónico, con paredes inclinadas que facilitan la caída del material hacia una boca de salida inferior de diámetro reducido (200 mm). En esta descarga se instala

una válvula manual de cierre estanco, que puede ser del tipo guillotina o mariposa sanitaria.

El mecanismo de funcionamiento se basa en que mientras la válvula permanece abierta, el polvo descargado del secador fluye por gravedad y llena directamente una bolsa de recolección, que luego se traslada al molino para la etapa de molienda. Al completarse el llenado, la válvula se cierra manualmente, permitiendo que el operario retire la bolsa y coloque una nueva sin interrumpir la operación del secador. Durante este intervalo, el polvo sigue acumulándose en el interior de la tolva, que actúa como pulmón intermedio. Una vez reemplazada la bolsa, la válvula se vuelve a abrir y el material almacenado en la tolva se descarga reanud

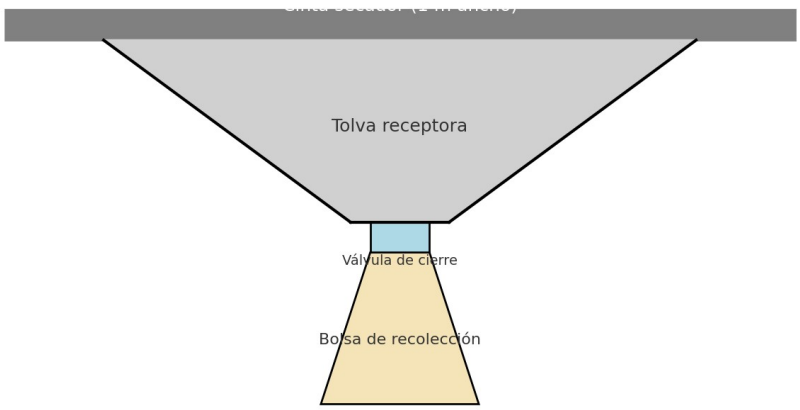


Figura 10. Tolva recoge polvo.

Precio unitario: USD 246.

Recipientes para contener polvo

Precio unitario: USD 183.

Molino

La reducción granulométrica del polvo de *Aloe vera* se realiza mediante un molino de impacto. Posee una construcción sanitaria en acero inoxidable y un diseño que cumple con estándares BPM.

El principio de funcionamiento se basa en la acción de un rotor de impacto con velocidad ajustable, que proyecta las partículas contra una criba. El resultado es un tamaño de partícula controlado, con distribución granulométrica homogénea, sin sobrecalentamiento del producto. El equipo admite una gama de cribas intercambiables entre 50 y 1500 µm, lo que le confiere versatilidad para adaptar el polvo de aloe a diferentes especificaciones de mercado. La capacidad de procesamiento oscila entre 100 g/h y 5 kg/h, lo que cubre ampliamente la producción diaria de la planta. Las dimensiones son 600 × 400 × 500 mm.

Parámetros del equipo:

- Potencia del motor eléctrico:0,75–1,1 kW
- Voltaje de alimentación 380 V
- Consumo promedio de agua de lavado: 15 L por ciclo.



Figura 11. Molino de impacto para reducción de tamaño del polvo.

Precio: 18000 USD.

Almacenamiento polvo

Tanque pulmón polvo

Se trata de un recipiente de geometría cónica fabricado en acero inoxidable, con acabado sanitario pulido espejo, que asegura la resistencia a la corrosión y la facilidad de limpieza requerida en procesos alimentarios. La capacidad útil del equipo es de 50 L (diámetro 400 mm y alto 520 mm), resulta suficiente para acumular hasta 25 kg de polvo de aloe considerando densidades aparentes de 0,55 kg/L.

La geometría troncocónica del tanque asegura un flujo por gravedad eficiente evitando apelmazamientos. La descarga inferior se equipa con válvula sanitaria tipo mariposa, de diámetro configurable entre 1 1⁄2″ y 2″, lo que garantiza un vaciado completo y controlado.

El diseño estándar incluye tapa superior desmontable y conexiones tri-clamp, que facilitan la integración con sistemas CIP. Para el uso en *Aloe vera*, se incorpora un puerto de inyección de dióxido de carbono y un venteo filtrado con cartucho hidrofóbico de 0,2 µm. De esta forma, se asegura una atmósfera interna controlada, libre de oxígeno, que protege al polvo altamente higroscópico y susceptible a la oxidación. El tanque puede montarse sobre patas regulables en acero inoxidable o sobre ruedas con freno para facilitar la manipulación y limpieza en planta.

Dimensionamiento del tanque:

Producción de polvo 0,68 kg/h, con 21 h de trabajo: 14,4 kg/día. El objetivo es acumular el polvo producido hasta alcanzar 25 kg para envasar en un solo bulto.

Tiempo para alcanzar 25 kg:

$$Tiempo\ de\ producción = \frac{25\ Kg}{0{,}68\ Kg/h} = 36\ h\ 46\ min$$

Se requieren casi 2 jornadas de producción para llenar una bolsa de 25 Kg.

Volumen requerido para almacenar el polvo:

$$V = \frac{m}{\rho_b} = \frac{25\ Kg}{0{,}55\ Kg/L} = 45\ L$$

Parámetros de referencia:

- Tamaño de válvula inferior: 2″
- Consumo de CO_2: 600 NL en purga inicial y 2 NL/min en operación
- Consumo pr



Figura 12. Tanque pulmón de polvo.

Precio unitario: 4500 USD.

Envasado

Envasadora y selladora

El polvo de *Aloe vera* se envasa en bolsas trilaminadas de 25 kg. Para esta función se seleccionó la un equipo semiautomático concebido para el sellado hermético de bolsas de gran formato (10–25 Kg). Sus dimensiones son 1.200 × 700 × 1.500 mm. La máquina está fabricada en acero inoxidable en las superficies de contacto, con un bastidor robusto que facilita la manipulación de sacos de alto peso.

El principio de operación consiste en la sujeción de la bolsa mediante pinzas neumáticas, seguida del sellado térmico a temperatura controlada, lo que garantiza un cierre seguro incluso en materiales multicapa. El rango de temperatura de trabajo es de 180 a 280 °C, ajustable según el espesor del material. Esto asegura que las bolsas trilaminadas de 25 kg, que combinan capas de PET, aluminio y PE, puedan sellarse de manera hermética y estable. La frecuencia de envasado prevista para la planta es baja (una bolsa de 25 kg cada 37 horas de operación continua).

Parámetros del equipo:

- Potencia del motor eléctrico: 0,8–1,2 kW kW
- Voltaje de alimentación 220 V
- Consumo de agua de lavado: 10–20 L por ciclo.
- Potencia del reductor electrico: 0,55 kW
- Presión de trabajo: 5-7 bar



Figura 13. Equipo destinado al envasado y sellado de bolsas.

Precio unitario: USD 30000

Compresor

Como auxiliar de la etapa de envasado se incorpora un compresor de aire destinado a alimentar el sistema neumático de fijación de bolsas de la envasadora. Las dimensiones del equipo son compactas (700 × 350 × 600 mm) con un peso aproximado de 35 kg. El tanque de 50 L de capacidad actúa como pulmón de aire, asegurando estabilidad de presión durante el uso intermitente de la máquina. La operación es silenciosa y requiere un mantenimiento básico consistente en el purgado periódico del tanque, control de aceite y limpieza de filtros de admisión.

Parámetros del equipo:

- Caudal: 130 L/min a 7 bar
- Presión máxima de trabajo: 8 bar
- Potencia motor: 1,5 kW (2 HP)
- Voltaje de alimentación: 220 V
- Capacidad del tanque: 50 L

Precio unitario: USD 125

Almacenamiento de la materia prima

Cámara

La materia prima almacenada como stock se mantendrá refrigerada dentro de un contenedor frigorífico destinado a mantener la temperatura del material a 7°C y humedad relativa cercana al 95 %. Las dimensiones externas del equipo son 12,19 m x 2,44 m x 2,90 m y sus dimensiones internas son de 11,55 m x 2,29 m x 2,545 m; con un volumen útil de aproximadamente 67,5 m³.

Parámetros del equipo:

- Peso en vacío: 4.660 kg
- Carga útil: 29.340 kg
- Peso total: 34.000 kg
- Temperatura :+25 a -25 C
- Refrigerante : R134a
- Conexión de alimentación : 380 V/32 amperios
- Tensión de funcionamiento : CEE 50 Hz
- Potencia : 6-10 kW/h

Precio unitario: USD 11306

Estanterías móviles

Para el almacenamiento de materia prima en refrigeración se adoptaron estanterías móviles que permiten un desplazamiento sencillo del material almacenado para su rotación y reposición siguiendo un esquema FIFO (First In First Out). Se contará con 6 estanterías con capacidad para ubicar 9 pilas de 8 cajones plásticos apilables (dimensiones de cada cajón: 60 × 40 × 22 cm), alcanzando una capacidad de carga total de 1.440 kg de producto, sin considerar el peso propio de la estructura.

Principales características constructivas:

- Estructura: bastidor metálico de aproximadamente 10 cm de altura, fabricado en acero inoxidable.
- Sistema de movilidad: cada estantería se apoya sobre 6 ruedas industriales giratorias de 100 mm de diámetro, con banda de rodadura de poliuretano sobre núcleo metálico, aptas para uso en cámaras frías. Cada rueda tendrá una capacidad de carga de ≥ 400 kg, asegurando un margen de seguridad adecuado respecto al peso total previsto. Se incluyen además frenos de bloqueo total en las ruedas para garantizar la inmovilización de la estructura durante el almacenamiento.
- Dimensiones: altura total de la estantería cargada 1,91 m.
- Accesorios adicionales: topes de seguridad en los extremos del bastidor para evitar deslizamientos de las pilas de cajones durante el transporte, y soldaduras reforzadas en los puntos de anclaje de las ruedas para soportar la carga dinámica.

Precio total: 4073 USD.

CAPÍTULO IX

Servicios auxiliares

Índice

Introducción **4**
Agua **4**
Fuente de abastecimiento 4
Consumos 5
Agua para limpieza 5
Agua para consumo humano 9
Agua para proceso 9
Consumo total 10
Caudal de diseño de bombeo 10
Caudal promedio 10
Caudal instantáneo 11
Caudal de diseño de bomba 11
Cálculo de la altura del tanque elevado 11
Altura manométrica total de la bomba 13
Potencia hidráulica y del motor 15
Presión de la bomba 15
Selección de bomba 16
Tanque elevado 16
Red de distribución de agua 17
Dimensionamiento de tuberías 18
Criterio de diseño 18
Segmentos y criterios de velocidad 19
Cálculos de diámetro por caudal y velocidad 20
Verificación de pérdidas y presiones 22
Agua para sistema hidrante contra incendios 24
Criterios normativos y de diseño 24
Configuración adoptada del tanque seccionado y prioridad de llenado 24
Clasificación de riesgo, demanda y autonomía 25

Volumen del tanque 25
Sistemas de cañerías diferenciados 25
Red de incendio: esquema hidráulico, presión y velocidades 26
Electricidad 26
Inventario de cargas 26
Energía diaria requerida 27
Grupo electrógeno de respaldo 27
Tableros y protecciones 28
Dióxido de carbono (CO_2) 29
Aire comprimido 31
Acondicionamiento de aire 33
Carga térmica y ventilación 33
Selección y cantidad de equipos de acondicionamiento 34
Consumo eléctrico estimado 35
Sistema contra incendios 35
Matafuegos 35
Cantidad de extintores 37
Disposición por áreas 38
Medidas complementarias 38
Gestión de residuos 38
Cáscaras 38
Espinas 40
Agua de lavado 40
Agua de reservorio del secador 42
Cámara frigorífica 43
Capacidad, disposición y dimensiones 43
Cargas térmicas y potencia frigorífica 45
Desagües 47
Materiales y acabados 47
Desagües industriales 48
En sala 48
Conducción y control 49

Desagües sanitarios 49
Desagües pluviales 49
Ventilación **50**
Evacuación de vapor de secadores 52
Bibliografía **55**

Introducción

Los servicios auxiliares comprenden los sistemas indispensables para el funcionamiento continuo y seguro de la planta de producción de *Aloe vera* en polvo. Aunque no forman parte directa del proceso, resultan imprescindibles para garantizar la operación eficiente, la calidad del producto y la seguridad del personal.

En este capítulo se describen, dimensionan y justifican los principales servicios auxiliares: agua, electricidad, CO_2, aire comprimido, acondicionamiento de aire, sistemas contra incendios, tratamiento de efluentes y gestión de desechos, cámara frigorífica, desagües y ventilación.

Agua

Fuente de abastecimiento

La planta se abastece de un pozo de agua subterránea, mediante una bomba se almacena en un tanque elevado, en este apartado se dimensionan ambos para asegurar la alimentación continua. El uso se destina al proceso, limpieza de áreas y equipos, sanitario y consumo humano. Además, se contempla otro tanque, exclusivo para almacenamiento en caso de incendios. Este último cuenta con una bomba independiente que impulsa el caudal hacia una red de cañerías metálicas diseñadas específicamente para el sistema contra incendios.

Consumos

Agua para limpieza

Según las directrices del Codex Alimentarius para la utilización segura del agua (7), el agua empleada en la limpieza industrial, incluidos los pisos de la planta, debe ser adecuada para su uso con base en un análisis de riesgo, sin necesidad de ser potable, siempre que no comprometa la inocuidad del alimento final.

- *Limpieza de equipos*

Algunos equipos poseen limpieza CIP, entre ellos se encuentra: la peladora utiliza 75 L/ciclo; la homogeneizadora, 65 L/ciclo; el tanque pulmón de gel, 40 L/ciclo; el molino, 15 L/ciclo; el tanque pulmón de povo, 40 L/ciclo; y la envasadora/selladora, 15 L/ciclo. Estandarizando que los procesos CIP se ejecutan 3 veces al día, el volumen diario de cada equipo se obtiene de la siguiente manera:

$$V_{diario} = V_{ciclo} \times 3$$

Considerando los consumos medios la suma diaria de CIP resulta:

$$V_{CIP} = 225\ L + 195\ L + 120\ L + 45\ L + 120\ L + 45\ L = 750\ L/d = 0,75\ m^3/d$$

Además, existen equipos y superficies que se higienizan de forma manual. En particular, en la planta circulan 80 cajones plásticos (60 × 40 × 20 cm) y la mesada de trabajo. El lavado se realiza con manguera y pico de corte, de uso sanitario, en un sector delimitado con desagüe a

trampa y rejilla. A efectos de dimensionamiento de consumo de agua, se adopta un caudal típico de lavado manual con pico rociador y presión baja–media, y se estima el tiempo de enjuague efectivo por unidad y superficie según buenas prácticas de saneamiento.

Se estima que el caudal de lavado manual con pico rociador es de 10 L/min, con un tiempo efectivo por cajón (enjuague + cepillado breve): 0, 5 $min/unidad$ Mientras que para la mesada se tardan 2 min.

$$V_{cajones} = N \cdot q \cdot t = 80\ cajones \cdot 10\ \frac{L}{min} \cdot 0,5\ min = 400\ L\ (0,40\ m^3)$$

$$V_{mesada} = q \cdot t_m = 10\ \frac{L}{min} \cdot 2\ min = 20\ L\ (0,020\ m^3)$$

Para 3 ciclos de limpieza diarios se tiene que:

$$V_{total\ manual} = 0,42\ m^3 x\ 3 = 1,3\ m^3/d$$

Para la limpieza de los secadores se estima que se tarda en total 20 min.

Pre–enjuague: $V_1 = 10\ \frac{L}{min} \cdot 3\ min = 30\ L$

Lavado: $V_2 = 10\ \frac{L}{min} \cdot 7\ min = 70\ L$

Enjuague final: $V_3 = 10\ \frac{L}{min} \cdot 10\ min = 100\ L$

$$V_{secador} = 30 + 70 + 100 = 200\ L\ (0,20\ m^3)\ por\ secador\ y\ por\ ciclo$$

Se realizan 3 ciclos de limpieza por dia y se tienen 3 secadores, entonces el volumen total de consumo es de 1,8 m^3.

- *Limpieza de sanitarios*

Se considera el bloque de sanitarios y vestuarios de superficie posee un área de 45 m^2. La limpieza incluye pisos y artefactos, superficies de contacto.

Consumos por sección:

- Pisos: C_{piso}= 1, 0 L/m^2
- Agua por artefacto y limpieza:
  - ❖ Inodoro: v_{WC}= 2 L
  - ❖ Lavamanos: v_{LM}= 1 L
- Superficies/dispensers: v_{sup}= 5 L

Pisos por limpieza:

$$V_{piso} = A_{san} \times r_{piso}$$

$$V_{piso} = 45\ m^2 \times 1, 0\ \frac{L}{m^2} = 45\ L$$

Artefactos por limpieza:

$$V_{art} = n_{WC} v_{WC} + n_{LM} v_{LM}$$

$$V_{art} = 2 \cdot \ 2L + 3 \cdot \ 1L = 7\ L$$

Superficies:

$$v_{sup} = 5\ L$$

Considerando una operación por turnos, se tendrían 3 limpiezas al día:

$$V_{diario,3/d} = 3 \times 57\ L = 171\ L/d = 0,17\ m^3/d$$

- *Limpieza de nave principal*

Como criterio operativo se especifica que se utilizan 0,5 L/m² y el piso de lava tres veces al día, siendo el área total 260 m².

$$V_{pisos} = 260\ m^2 \times 0,5\ L/m^2 \times 3 = 390\ L/d = 0,39\ m^3/d$$

- *Limpieza área de descanso y oficinas*

El área total de estas dos partes de la nave secundaria es de 30 m². Se calcula que se realiza un lavado de pisos por turno.

$$V_{pisos} = 30\ m^2 \times 0,5\ L/m^2 \times 3 = 33,5\ L/d = 0,03\ m^3/d$$

- *Limpieza galpón de almacenamiento*

En esta área se almacena el polvo terminado, por lo que la limpieza húmeda debe ser con la menor cantidad de agua posible. La misma, se realiza 2 veces por semana debido a la baja contaminación y flujo de operarios.

$$V_{pisos} = 40\ m^2 \times 0,3\ L/m^2 = 12\ L = 0,00343\ m^3/d$$

Agua para consumo humano

Según lo establece la Ley N°19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, en su capítulo VI Provisión de Agua Potable, artículo N°57, el personal debe contar como mínimo con 50 litros de agua por persona, por jornada. Contemplando que se usa para beber, higienizarse o preparar alimentos. Considerando que en la planta trabajan 15 personas por día:

$$V_{humano} = 15\ personas \times 50\ L/personas = 750\ L/d = 0,75\ m^3/d$$

Agua para proceso

Para el proceso de lavado y desinfección de pencas (túnel con recirculación) el consumo neto de agua es $0,4\ m^3/h$ y en túnel de enjuague de gel el caudal de agua es $0,018\ m^3/h$. Para las horas de trabajo diario se consumen $8,8\ m^3/d$, considerando que estos procesos se realizan continuamente.

Con respecto a los secadores, cada uno demanda 30 L/día de agua y se adoptaron tres unidades, por lo que el agregado sería 0,09 m³/d, estableciendo un recambio cada 3 turnos operativos. Este circuito no es cerrado herméticamente y, al estar en contacto con el ambiente y en operación continua durante los tres turnos de producción, el agua está expuesta a diferentes factores de contaminación. En primer lugar, el prolongado tiempo de residencia del agua favorece la acumulación de

sólidos, restos orgánicos y posibles contaminantes microbiológicos. La operación constante, implica una exposición suficiente para que se genere proliferación de microorganismos termotolerantes, formación de biopelículas o incluso precipitaciones de sales minerales, los cuales pueden afectar la eficiencia térmica del equipo e inocuidad del proceso. Desde el punto de vista de Buenas Prácticas de Manufactura y de sistemas de inocuidad alimentaria, como HACCP y Codex Alimentarius, se establece que los fluidos auxiliares que puedan entrar en contacto indirecto con el alimento deben mantenerse en condiciones de limpieza y seguridad controladas (7). El recambio diario del agua de los reservorios constituye una medida preventiva crítica, destinada a evitar riesgos de contaminación cruzada, garantizar la uniformidad de las condiciones de secado y preservar la calidad del producto final.

Consumo total

$$V_{Total} = V_{proceso} + V_{limpieza} + V_{C.humano}$$

$$V_{Total} = 8,9\ m^3/d + 4,5\ m^3/d + 0,75\ m^3/d = 14,2\ m^3/d$$

Caudal de diseño de bombeo

El abastecimiento es desde un pozo subterráneo, el agua es impulsada con una bomba sumergible hacia el tanque elevado, y luego se distribuye mediante cañerías a las diferentes zonas.

Caudal promedio

El consumo total, calculado anteriormente, se distribuye sobre la jornada de 24 h/día:

$$Q_{promedio} = \frac{15\ m^3/d}{24\ h} = 0,63\ m^3/h$$

Caudal instantáneo

Para calcular el caudal máximo se consideran los picos de consumo que podrían existir:

- 1 Spray CIP pequeños: 0, 7 L/s.
- 1 manguera de lavado: 0, 20 L/s.
- Lavado de pencas (equipo): 0, 167 L/s.
- Enjuague de gel: 0, 005 L/s.

$$Q_{max} = 0,7\ L/s + 0,20\ L/s + 0,167\ L/s + 0,005\ L/s = 1,1\ L/s = 4\ m^3/h$$

Caudal de diseño de bomba

Basado en el caudal máximo necesario por hora, se estima el caudal de la bomba:

$$Q_d = 4\ m^3/h = 1,1\ L/s$$

Cálculo de la altura del tanque elevado

Para determinar la altura necesaria del tanque elevado, se fija la velocidad requerida en el punto más desfavorable y con el caudal se calcula el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4*0{,}0025\ m^3/s}{\pi*2 m/s}} = 0{,}040\ m$$

Se verifica la velocidad con el diámetro calculado:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{4 \cdot 0{,}0025\ m^3/s}{\pi \cdot (0{,}040\ m)^2} = 1{,}989\ m/s$$

El valor de velocidad se encuentra dentro del rango recomendado (1–2 m/s en troncales; ≤2,5 m/s en puntas).

Las pérdidas de carga por fricción de la red general se evaluaron con la ecuación de Hazen–Williams:

$$h_f = 10{,}67 \ \frac{L}{C^{1,852}} \ \frac{Q^{1,852}}{D^{4,871}}$$

$$h_f = 10{,}67 \ \frac{25\ m}{150^{1,852}} \ \frac{(0{,}0025\ m^3/s)^{1,852}}{0{,}040\ m^{4,871}} = 2{,}4\ m$$

donde:

L la longitud equivalente [m]

C el coeficiente de rugosidad PEAD para agua fría (adimensional)

Q el caudal máximo [m³/s]

D el diámetro interno [m]

$$h_f = 10,67 \ \frac{25\ m}{150^{1,852}} \ \frac{(0,0025\ m^3/s)^{1,852}}{0,040\ m^{4,871}} = 2,4\ m$$

Para calcular las pérdidas locales debido a codos y accesorios se hace uso de la siguiente ecuación:

$$h_l = 0,75\ m * \ \frac{(1,989\ m/s)^2}{2 * 9,81\ m/s^2} = 0,151\ m$$

Para calcular la altura del tanque se calcula según de Bernoulli:

$$z_1 - z_2 = H_{serv} + \frac{v^2}{2g} + h_f + h_l$$

Donde:

h_f = pérdidas por fricción en la cañería

h_l = pérdidas locales (válvulas, codos) [m]

H_{serv} = presión mínima requerida en el punto de consumo

$$z_1 - z_2 = 5\ m + \ \frac{(1,989\ m/s)^2}{2 * 9,81\ m/s^2} + 2,4\ m + 0,151\ m = 9,875\ m$$

Según los cálculos el tanque elevado debe ubicarse a una cota de 10 m sobre el nivel del piso para garantizar en todo momento una presión mínima en los puntos más desfavorables de la red.

Altura manométrica total de la bomba

Para la correcta selección de la bomba es necesario calcular la Altura Manométrica Total (AMT), que representa la energía total que el equipo debe entregar al fluido para garantizar el suministro de agua en las

condiciones de diseño. Esta magnitud se obtiene como la suma de tres componentes principales: la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas locales, según la expresión:

$$H = H_{geométrica} + h_f + h_m$$

En primer lugar, la altura geométrica corresponde a la diferencia de nivel que debe vencer el bombeo. Se considera el nivel dinámico del pozo (22 m) más la altura de instalación del tanque elevado (10 m), lo que resulta en una altura de 32 m. Este valor constituye la base del cálculo y responde al criterio de diseño de garantizar un llenado continuo del tanque.

$$H_{geom} = 22\ m + 10\ m = 32\ m$$

Se calculan las pérdidas por fricción h_f en la cañería de impulsión, que es de polietileno de alta densidad (PEAD) con un diámetro interno efectivo de 40 mm (DN 50 y SDR 11) y una longitud equivalente de 80 m (incluyendo accesorios convertidos a metros de caño recto).

Con estos datos, la pérdida de fricción se calcula mediante Darcy–Weisbach, con $f = 0,02$ (coeficiente de fricción de Darcy–Weisbach).

$$h_f = 0,02 \cdot \frac{80\ m}{0,040\ m} \cdot \frac{(1,989\ m/s)^2}{2 \cdot 9,81\ m/s^2} = 8,1\ m$$

Por último, se suman las pérdidas locales h_m asociadas a la válvula de pie, válvula de retención y codos de la línea, que se representan mediante un coeficiente global de K=6, considerando la misma velocidad anterior:

$$h_m = K\frac{v^2}{2g} = 6 \cdot \frac{1{,}989^2}{2 \cdot 9{,}81} = 1,2\ m$$

Por lo tanto:

$$H = 32\ m + 8,1\ m + 1,2\ m = 41,3\ m$$

Entonces, la bomba aporta al fluido una energía específica equivalente a elevar una columna de agua 41,3 m; en términos de balance de energía, esa altura es la suma de la diferencia geométrica de niveles entre succión y descarga, más las pérdidas por fricción, pérdidas locales y cualquier diferencia de presión requerida entre descarga y succión.

Potencia hidráulica y del motor

La potencia hidráulica requerida para el bombeo se calculó mediante la expresión:

$$P_h = \rho g Q H = 1000\ Kg/m^3 \cdot 9,81\ m/s^2 \cdot 0,0025\ m^3/s \cdot 41,3\ m = 1,01\ kW$$

donde:

ρ:densidad del agua

g:aceleración de la gravedad

Q: caudal de diseño

H: altura manométrica total

Considerando un rendimiento global $\eta = 0,50$ del sistema, que incluye pérdidas en la bomba y el motor eléctrico, la potencia del motor resulta:

$$P_{motor} = \frac{1,01\ kW}{0,50} = 2,02\ kW = 3\ HP$$

Presión de la bomba

La bomba y el diámetro garantizan el régimen dinámico en la presión requerida por los equipos.

$$P = \rho g h = 1000\ Kg/m^3 \cdot 9,81\ m/s^2 \cdot 10\ m = 98,1\ kPa = 0,98\ bar$$

Selección de bomba

Se selecciona una bomba sumergible multietapa con motor de 3 HP, capaz de garantizar el punto de operación de 4 m³/h frente a una Altura Total Manométrica de diseño ≥ 41 m, que contempla la altura estática del pozo (22 m), la elevación hasta el tanque, las pérdidas de carga en cañerías y accesorios, y un margen de seguridad adicional para variaciones operativa. La elección se valida sobre la curva característica del fabricante, verificando que el caudal de 4 m³/h se alcance con altura disponible no menor a la requerida y con operación cercana al BEP (máxima eficiencia), y que la NPSH requerida sea inferior a la NPSH disponible del pozo para evitar cavitación; condición especialmente crítica resuelta mediante la configuración sumergible dada la profundidad de 22

m. Se recomienda incorporar válvula de retención, válvulas de seccionamiento y manómetros en succión e impulsión, y proteger el motor un guardamotor térmico y protección magnética; en caso de requerir modulación de caudal o presión, se prevé variador de frecuencia. En términos energéticos, la potencia eléctrica seleccionada cubre la potencia hidráulica con rendimiento global típico del conjunto bomba-motor, asegurando holgura frente a transitorios y operación confiable y continua.

Tanque elevado

Estableciendo un tiempo de llenado de 3 h y Q = 4 m³/h, se calcula:

$$V = Q \times t = 4 \frac{m^3}{h} \times 3\ h = 12\ m^3$$

Aplicando un margen por maniobras y variaciones de caudal, se selecciona que el volumen del tanque principal sea de 15 m ^{3}.

Red de distribución de agua

La red de distribución se ejecutará con tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD), un material que ofrece múltiples ventajas, se fusiona por termofusión, generando uniones tan resistentes como el propio tubo; presenta un ciclo de vida prolongado, con fugas de agua prácticamente nulas; es flexible, liviano y resistente a la fatiga, lo que facilita su manipulación e instalación. Además, la posibilidad de fabricarse en gran longitud permite reducir al mínimo la cantidad de uniones y la preparación del terreno, con el consiguiente ahorro en costos y en tiempo

de montaje, a la vez que se disminuyen las pérdidas de carga. También es altamente resistente a productos químicos y a la corrosión, y posee excelente resistencia mecánica.

Se definen los siguientes tramos principales de cañerías:

- Tramo 1: corresponde a la impulsión entre el pozo y el tanque elevado. La distancia total es de aproximadamente 80 m.
- Tramo 2: conecta la bajada del tanque elevado (a 14 m de altura) con el colector principal de distribución interna. Su longitud es de 1–3 m.
- Tramo 3: comprende la distribución interna hacia los distintos sectores de la planta (procesamiento, limpieza, sanitarios y vestuarios). La longitud total estimada de distribución interna es de 30 m.

Este esquema asegura un caudal pico disponible de aproximadamente 0,45 L/s en los puntos de uso, manteniendo presiones adecuadas gracias a la altura del tanque y al dimensionamiento de las tuberías.

Dimensionamiento de tuberías

Para calcular el diámetro de la conexión de impulsión desde el pozo al tanque se procedió siguiendo el criterio del manual de Obras Sanitarias de la Nación (OSN) (9) para instalaciones industriales. En este caso, se cuenta con un caudal de diseño de 4 m^3/h (1,1 L/s), correspondiente a la bomba sumergible seleccionada, y con una presión generada por el propio

equipo suficiente para vencer la altura manométrica total de 39 m. Si bien en el reglamento OSN se considera que la presión disponible en la red pública puede variar entre 4 y 12 m de columna de agua (mca), en este proyecto el abastecimiento no depende de red pública sino de un pozo con bombeo directo al tanque elevado, por lo que se adopta el mismo procedimiento de cálculo pero empleando la presión real entregada por la bomba.

Criterio de diseño

Para distribución interna consideramos simultaneidad razonable del proceso continuo (0,172 L/s), 1 manguera de lavado (0,20 L/s, criterio según OSN) y un pequeño consumo sanitario puntual (0,05 L/s).

$$Q_{pico} = 0,172\ L/s + 0,20\ L/s + 0,05\ L/s = 0,42\ L/s$$

Redondeo de diseño: 0,45 L/s para contar con margen.

Para la línea de bombeo del pozo hacia el tanque, el caudal viene dado por la bomba seleccionada 4 m³/h.

Segmentos y criterios de velocidad

Para el dimensionamiento de las tuberías se dividió la instalación en tres tramos, definidos en base a su función hidráulica y de los criterios de velocidad recomendados para cada caso. El Tramo 1 corresponde a la impulsión desde el pozo hasta el tanque elevado, operando mediante bomba sumergible. En este tipo de conducción a presión, la velocidad del agua debe mantenerse entre 0,8 y 1,5 m/s, rango que asegura un

adecuado régimen de flujo turbulento para evitar sedimentaciones, sin generar pérdidas excesivas de energía por fricción ni golpes de ariete durante el arranque y la detención de la bomba. El Tramo 2 comprende la bajada desde el tanque hacia el colector principal de distribución. Al tratarse de un flujo por gravedad, las velocidades recomendadas son menores, del orden de 0,3 a 0,6 m/s, ya que se busca limitar las pérdidas de carga y garantizar un suministro uniforme a lo largo de la instalación, evitando además fenómenos de erosión en las paredes de la tubería. El Tramo 3 incluye la red interna de la planta y sus ramales de distribución hacia los diferentes puntos de consumo (procesos, sanitarios y limpieza). En este caso también se trata de flujo por gravedad, por lo que se adopta el mismo rango de velocidades de 0,3 a 0,6 m/s, adecuado para sistemas de distribución secundaria en los que los caudales instantáneos son más reducidos y variables.

Cálculos de diámetro por caudal y velocidad

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías se empleó la relación fundamental entre caudal, velocidad y sección de paso, expresada como:

$$Q = v \cdot A$$

donde:

Q: es el caudal volumétrico en m^3/s

v: la velocidad media del flujo en m/s

A: área de la sección transversal en m².

A partir de esta relación se obtiene el diámetro hidráulico mediante la expresión que se enuncia a continuación; que permite relacionar el caudal requerido con la velocidad de diseño y el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \nu}}$$

En el tramo 1 el caudal de diseño es de 0,0011 m³/s. Considerando una velocidad de referencia de 1,0 m/s, el diámetro calculado resulta:

$$D = \sqrt{\frac{4\times(0{,}0011) m^3/s}{\pi\cdot\times 1{,}0\ m/s}} = 0,\ 04\ m = 40\ mm$$

En consecuencia, se seleccionó tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), cuyo diámetro interno efectivo es de 40 mm, lo que da una velocidad real de circulación de 0,9 m/s, dentro del rango recomendado para impulsión.

En el tramo 2, el caudal de diseño en condiciones pico es de 0,00045 m³/s. Con una velocidad adoptada de 0,5 m/s, el cálculo arroja:

$$D = \sqrt{\frac{4(0{,}00045) m^3/s}{\pi\cdot 0{,}5 m/s}} = 0,\ 0339\ m = 33,\ 9\ mm$$

Si se utiliza un valor menor de velocidad, 0,3 m/s, el resultado es de 43,7 mm. Considerando estos valores y con el fin de minimizar las pérdidas por fricción, se adopta también una tubería de 1 1⁄4″ en este tramo, lo que asegura una velocidad efectiva de 0,44 m/s y un flujo estable por gravedad.

En el colector principal interno, tramo 3, el caudal de referencia se mantiene en 0,45 L/s. Por lo tanto, se conserva el mismo diámetro de 1 1⁄4″, lo que reduce pérdidas y garantiza respuesta frente a picos de consumo. Desde este colector se derivan los ramales secundarios hacia los puntos de uso, donde el consumo simultáneo suele ser de 0,10 a 0,20 L/s. Para estos valores se selecciona tubería de 1″, con un diámetro interno de 26 mm. La velocidad correspondiente, calculada como:

$$v = \frac{0{,}10\ L/s\ /\ 1000}{\pi(0{,}026\ m/2)^2} = 0,\ 19\ m/s$$

Dicho valor es adecuado para distribución por gravedad. En el caso de bocas de mayor demanda, como las mangueras que trabajan con 0,20 L/s, se recomienda mantener 1″ hasta la válvula de servicio, admitiendo únicamente la reducción a ¾″ en tramos cortos y con pérdidas tolerables.

La selección final de los diámetros comerciales no se basó únicamente en los valores teóricos obtenidos a partir de la relación entre caudal y velocidad, sino que se verificó también con las tablas de dimensionamiento publicadas por Obras Sanitarias de la Nación (OSN, 2002) en el *Manual de instalaciones sanitarias domiciliarias e industriales*. Dichas tablas establecen el diámetro nominal de cañerías en función del caudal de diseño y la presión disponible en la red. De esta manera, el valor calculado de 38 mm para el tramo de impulsión corresponde al diámetro comercial inmediato de 1¼″ en PEAD, recomendado por OSN para este rango de caudales. Del mismo modo, para los tramos de bajada y de distribución interna, el criterio de mantener 1 1⁄4″ en bajada y 1″ en

ramales secundarios se encuentra dentro de los márgenes técnicos sugeridos por la normativa. Por lo tanto, el diseño adoptado no solo cumple con los cálculos hidráulicos propios, sino que además respeta los estándares oficiales aplicables a instalaciones de agua en la industria.

Verificación de pérdidas y presiones

La pérdida de carga por fricción se calculó mediante la ecuación de Darcy–Weisbach, considerando un coeficiente de fricción $f_D = 0,02$ propio de tuberías de PEAD en régimen turbulento moderado:

$$h_f = f_D \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 2,7\ m$$

A este valor se adicionan las pérdidas locales asociadas a válvula de pie, válvula de retención y codos, que se estiman mediante un coeficiente global $K = 4$:

$$h_{loc} = K \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,24\ m$$

En conjunto, la pérdida de carga total en este tramo es del orden de 3 m. Si se compara con la altura manométrica total de 35 m, previamente calculada para la selección de la bomba, se confirma que el equipo cubre holgadamente la columna de agua requerida, incluyendo tanto las pérdidas por fricción como la carga necesaria para alimentar al tanque elevado.

Los tramos 2 y 3 se dimensionan considerando el caso más desfavorable, correspondiente al punto de consumo más alejado de la red.

En esta condición, el caudal inicial es de 0,45 L/s en el colector de 2″ (diámetro interno 50 mm) con una longitud acumulada de 30 m, y posteriormente se deriva hacia un ramal de 1,5″ con una longitud de 10 m hasta el punto de uso.

En el tramo de 2″, el caudal de 0,45 L/s genera una velocidad de 0,44 m/s, por cada Aplicando la ecuación de Darcy–Weisbach, la pérdida por fricción resulta:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,17\ m$$

Dicho valor se considera despreciable en relación con la altura disponible del tanque.

En el ramal de 1,5″, con caudales típicos de 0,10 a 0,20 L/s, las velocidades obtenidas son del orden de 0,5 m/s, con pérdidas lineales muy bajas para los 10 m de longitud. A estas pérdidas debe añadirse la contribución de accesorios (llaves, codos), que se estima con un coeficiente global K = 3, lo que representa pérdidas locales inferiores a 0,2 m.

En conjunto, la pérdida de carga total en el recorrido más desfavorable resulta mínima, garantizando que la presión disponible en los puntos de consumo se mantenga dentro de los valores adecuados para el servicio de la planta.

Agua para sistema hidrante contra incendios

Criterios normativos y de diseño

Conforme a IRAM 3597:2013, la reserva de agua para incendios debe permanecer siempre disponible y ser de uso exclusivo. Esta condición puede cumplirse con un único tanque seccionado en compartimentos hidráulicamente independientes, adoptando dispositivos que garanticen que la reserva de incendio no pueda ser utilizada para consumos ordinarios.

Configuración adoptada del tanque seccionado y prioridad de llenado

Se adopta un tanque único de 50 m^3, dividido en 35 m^3 inferiores para reserva exclusiva de incendio y 15 m^3 superiores para servicios de planta. Cada compartimento posee descarga, venteo y rebose independientes. El llenado tiene prioridad sobre el compartimento de incendio: hasta no alcanzar su nivel alto operativo, se inhibe el aporte al compartimento superior; si el nivel de la reserva cae por debajo del umbral, se interrumpe el servicio a planta y se restituye automáticamente la reserva, con alarmas local/remota.

Clasificación de riesgo, demanda y autonomía

El establecimiento se clasifica como Riesgo Moderado (Grupo II): industria alimentaria sin almacenamiento masivo de inflamables y con

cargas de fuego ordinarias; superficie cubierta protegida 345 m² (nave principal 260 m² y nave auxiliar 85 m²). Se exige sistema de hidrantes interiores y dos bocas simultáneas para un caudal de 30 m ^{3}/h y presión de 4 bar. Se exige un sistema de hidrantes interiores (con posibilidad de hidrante exterior), garantizando 2 bocas simultáneas de 200–250 L/min cada una durante 60 min. Se adopta:

$$Q = 500\ L/min = 8,33\ L/s = 30\ m^3/h$$

Se define autonomía de 60 min y se garantiza presión residual mínima de 4 bar (40 m.c.a.) en la boca más desfavorable, indispensable para la correcta operación de lanzas.

Volumen del tanque

La reserva mínima del tanque debe ser de:

$$V_{min} = Q \cdot t = (30\ m^3/h) \cdot (1\ h) = 30\ m^3.$$

Considerando un margen por maniobras del 10 % se adopta un tanque de 35 m^3.

Sistemas de cañerías diferenciados

Los circuitos de cañerías son independientes y no comunicados hidráulicamente. La red de incendio se ejecuta en cañerías de hierro al carbono (IRAM-IAS U 500 / NM 210), con uniones y accesorios aptos para

incendio, pintadas de rojo según IRAM 2407 para identificación de elementos contra fuego; en gabinetes y elementos visibles.

Red de incendio: esquema hidráulico, presión y velocidades

La red se dispone en anillo perimetral, alimentando cada boca desde dos sentidos, lo que mejora continuidad de servicio y uniformidad de presiones. Se limita la velocidad entre 1 y 2 m/s en el anillo y ≤ 2,5 m/s en derivaciones para acotar pérdidas y mitigar golpe de ariete.

Electricidad

Inventario de cargas

La mayor carga corresponde a los tres secadores por Ventana Refractaria, con potencia instalada de 100 kW por unidad; en operación simultánea representan 340 kW, que explican el orden del 90 % de la demanda en punta.

Los demás equipos constituyen cargas secundarias y se detallan en el capítulo X.

La potencia instalada agregada resulta de 365 kW.

Para definir el tamaño de suministro se incorpora un margen por simultaneidad, arranques y crecimiento; se adopta 400 kW. Con un factor de potencia de 0,95, la potencia aparente requerida es:

$$S = \frac{P}{fp} = \frac{400\ kW}{0{,}95} = 421\ kW$$

Es prudente prever transformador 500 kVA y un interruptor general de 630 A (a 380 V, 50 Hz), dejando holgura para ampliaciones y transitorios.

Energía diaria requerida

La energía diaria se calcula como:

$$E = \sum_i P_i h_i LF_i$$

donde:

h_i : tiempo efectivo

LF_i: factor de carga

$$E_{RWD} = 340\ kW * 21\ h * 1 = 7140\ kWd$$

Grupo electrógeno de respaldo

Se requiere un grupo electrógeno capaz de sostener la cámara frigorífica en caso de corte de red. La potencia activa requerida es de 3 kW, con factor de potencia de 0,8.

Cálculo de potencia aparente necesaria es:

$$S = \frac{3\ kW}{0{,}8} = 3,75\ kW$$

Por lo tanto, se recomienda un grupo electrógeno de 5 kW.

Tableros y protecciones

El sistema se organiza desde el transformador hacia un tablero general de baja tensión equipado con un interruptor principal de capacidad adecuada; en su cabecera se instala, en conexión paralela y con conductores lo más cortos posible, un dispositivo de protección contra sobretensiones de entrada. Desde ese tablero se alimentan tableros seccionales dedicados a equipos y servicios, cada uno con su interruptor, con un dispositivo adicional de protección contra sobretensiones de distribución y con protecciones selectivas en los circuitos finales para lograr que, ante una falla, actúe primero la protección más próxima a la carga sin afectar al resto de la planta. Los circuitos de iluminación y tomacorrientes, y en general aquellos de uso por personas, incorporan disyuntores diferenciales de alta sensibilidad, mientras que las líneas que alimentan motores con electrónica de potencia emplean, cuando corresponde, dispositivos diferenciales compatibles con corrientes de fuga y armónicos o, en su defecto, solo protección por sobrecorriente para evitar disparos intempestivos. Los accionamientos de motores se resuelven mediante cadenas de maniobra que incluyen interruptor de línea, control electrónico de velocidad o arrancador suave cuando se requiere limitar corrientes de arranque, contactor y relé térmico, incorporando reactancias y filtros cuando la longitud de los cables lo exige.

En toda la instalación se preserva la equipotencialidad y la puesta a tierra de las masas, malla perimetral de cobre, se separan los conductores neutros por cada disyuntor diferencial, se controlan las caídas de tensión conforme a sección y longitud de los conductores, y se dispone un dispositivo de protección contra sobretensiones de punto de uso en cargas sensibles, de modo de asegurar continuidad operativa, seguridad de las personas y protección del equipamiento.

La calidad de energía se gestiona con banco automático de capacitores para mantener el factor de potencia mayor a 0,95 a la barra del TGBT. Se fijan límites de caída de tensión de alimentadores ≤ 3 % (y ≤ 5 % en el extremo de circuitos terminales), sección de conductores por capacidad.

Dióxido de carbono (CO_2)

El polvo de *Aloe vera* es altamente higroscópico y susceptible a la oxidación. Por esta razón, se requiere desplazar el oxígeno presente en los envases mediante el uso de dióxido de carbono grado alimentario, lo que garantiza la conservación del producto y la estabilidad de sus características organolépticas.

El consumo estimado de CO_2 en la línea de envasado es de 2 NL/min. El tiempo de operación proyectado es de siete meses, considerando que la inyección de gas debe ser continua se estima:

$$Q_{N2} = 2\ \frac{NL}{min} \times 302400\ min = 604800\ NL$$

donde:

NL corresponde a litros en condiciones normales (0 °C y 1 atm).

Corrigiendo este valor a condiciones de 25 °C y 1 atm, el volumen real asciende a 660154 L.

Se plantea el abastecimiento de gas en cilindros de 175 L de capacidad, donde cada tanque puede contener aproximadamente 89,8 Nm^3, equivalentes a 89845 NL en condiciones normales. Ajustando a 25 °C, el volumen disponible por cilindro es de 98068 L. Por lo tanto, el número de cilindros necesarios para cubrir toda la campaña resulta:

$$N = \frac{Volumen\ requerido}{Volumen\ por\ tanque} = \frac{660154\ L}{98068} = 6,7 \Rightarrow 7\ tanques$$

Lo que implica la necesidad de disponer de 7 cilindros de 175 L de CO_2 para garantizar la provisión durante el período productivo.

Desde el punto de vista operativo, se recomienda ubicar los cilindros de CO_2 en un área técnica contigua a la sala de envasado (galpón de almacenamiento), con acceso restringido. Los cilindros deben estar fijados mediante soportes metálicos o cadenas a la pared, evitando caídas accidentales, y conectados a la línea de servicio mediante válvulas reductoras de presión y cañerías de acero inoxidable o cobre, aptas para gases comprimidos de grado alimentario. La instalación debe contar con válvulas de retención que impidan el retroceso del gas hacia el cilindro y un sistema de purga controlada para operaciones de mantenimiento.

Como medidas de seguridad adicionales, se deben colocar detectores de CO_2 en la sala de envasado, con alarmas acústicas y visuales en caso de que la concentración ambiental supere los valores permitidos. Asimismo, es indispensable instalar cartelería de advertencia por atmósfera inerte y capacitar al personal en la manipulación segura de cilindros y en procedimientos de evacuación.

Aire comprimido

Como auxiliar de la etapa de envasado se incorpora un compresor de aire destinado a alimentar el sistema neumático de fijación de bolsas de la envasadora. El aire comprimido en este caso se emplea como energía de accionamiento para válvulas, pistones y actuadores del equipo de sellado, garantizando la precisión y repetitividad del proceso.

El equipo seleccionado posee dimensiones compactas de 700 × 350 × 600 mm y un peso aproximado de 35 kg, lo que facilita su instalación en la sala de envasado sin requerir infraestructura especial. Incluye un tanque de 50 L de capacidad que actúa como pulmón de aire, estabilizando la presión de trabajo durante los ciclos intermitentes de la máquina y evitando fluctuaciones que puedan afectar el desempeño de la envasadora.

Los parámetros de operación del equipo son los siguientes:

- Caudal: 130 L/min a 7 bar
- Presión máxima de trabajo: 8 bar

- Potencia del motor: 1,5 kW (2 HP)
- Voltaje de alimentación: 220 V
- Capacidad del tanque: 50 L

El funcionamiento del compresor se basa en la reducción del volumen del aire atmosférico, lo que incrementa su presión y permite disponer de una fuente de energía potencial. Una vez comprimido, el aire se acumula en el tanque pulmón y se distribuye a través de la red neumática hacia los actuadores de la envasadora.

En lo que respecta a la calidad del aire, dado que se trata de una planta de procesamiento alimentario, el aire debe cumplir con estándares de grado alimenticio. Para ello, el sistema debe contar con una etapa de filtración múltiple, compuesta por un filtro coalescente (que retiene aerosoles de aceite y agua), un filtro de partículas finas (para sólidos en suspensión) y un filtro de carbón activado (para remover vapores de aceite y olores). Este esquema asegura que el aire suministrado sea limpio, seco e inocuo, apto para entrar en contacto indirecto con el material de envasado.

En cuanto a su ubicación, se recomienda instalar el compresor en un área adyacente a la sala de envasado, con fácil acceso para tareas de mantenimiento, pero separado de la zona de manipulación directa del producto para evitar ruidos y posibles contaminaciones cruzadas. Debe fijarse sobre una superficie firme, nivelada y con amortiguadores de vibración. La ventilación adecuada es indispensable para disipar el calor generado y evitar sobrecalentamiento.

Como medidas de seguridad, el compresor debe estar protegido con válvulas de seguridad calibradas, manómetros visibles y presostatos que interrumpan el funcionamiento en caso de alcanzar presiones por encima del límite de operación. El personal encargado debe recibir capacitación básica en la manipulación de aire comprimido, incluyendo el correcto purgado del tanque, la verificación de presiones y el reemplazo programado de filtros.

Acondicionamiento de aire

La nave principal posee las siguientes dimensiones: 20 m × 13 m × 4 m. El objetivo de acondicionar el aire es unificar la humedad de la planta, debido a que este parámetro influye significativamente en el rendimiento del secado.

Carga térmica y ventilación

Datos geométricos y objetivo de ventilación:

- Superficie: $A = 20\ m \times 13\ m = 260\ m^2$
- Volumen: $1,040\ m^3$
- Ventilación: 6 renovaciones/h (10)

$$Q = \frac{Renovaciones \cdot V}{3600} = \frac{6\ r/h \cdot 1,040 m^3}{3600 s} = 1,733\ m^3/s$$

Cuando hay poca ganancia interna de calor por maquinaria, se usa una densidad de carga orientativa de promedio de $150\ W/m^2$ (11).

$$\dot{Q}_{área} = A \cdot \ 150 \frac{W}{m^2} = 260 \cdot \ 150 = 39,000\ W = 39\ kW$$

Los equipos de acondicionamiento de aire deben de poder eliminar dicha carga calorífica, para mantener la temperatura objetivo.

La potencia sensible por introducir aire exterior más caliente se estima con:

$$\dot{Q}_{vent} = \rho\, c_p\, \dot{V} \Delta T$$

donde:

ρ: $densidad\ del\ aire = 1,2\ kg/m^3$

c_p: $calor\ específico\ del\ aire = 1,005\ kJ/kg \cdot K$

V: volumen de aire

ΔT: $diferencia\ de\ temperaturas$

$$\dot{Q}_{vent} = 1,2\ kg/m^3 \times 1,005\ kJ/kg \cdot K \times 1,733\ m^3/s \cdot \ \Delta T = 2,09\ \Delta T$$

Considerando un pico caluroso debido al momento de producción se considera $\Delta T = 10\ K$, y el valor resulta $\dot{Q}_{vent} = 20,9\ kW$

Selección y cantidad de equipos de acondicionamiento

Con los cálculos anteriores y con un margen del 10%, se seleccionan unidades split inverter de alta eficiencia. Con una

configuración de 4 unidades de 9000 frigorías (10,5 kW), el consumo total es de 42 kW. Se colocan dos por lateral, separadas, para cobertura uniforme y redundancia. La cantidad seleccionada contempla posibles paradas de limpieza de filtros o fallas.

Los drenajes se dirigen a la red pluvial para la descarga de condensado. Los circuitos eléctricos poseen separación y termomagnéticas; con control independiente por zona para modular en media estación, evitando caídas por arranque simultáneo.

Consumo eléctrico estimado

Considerando un ratio de eficiencia energética (EER) de 3,2 para equipos inverter de ese rango, se calcula la potencia:

$$P_{eléctrica} = \frac{\dot{Q}_{frío}}{EER} = \frac{42{,}2\ kW}{3{,}2} = 13,\ 2\ kW$$

Sistema contra incendios

Matafuegos

La ley Nacional N°19.587 de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el decreto reglamentario 351/79, en su Art. 176, establece que la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo se determinará según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos (12).

Se estipula que el número de extintores necesarios en los entornos laborales se determinará en función de las particularidades y dimensiones de dichos espacios, el grado de riesgo, la carga de fuego, los tipos de fuego presentes y la distancia de recorrido para su acceso.

La clasificación de fuegos es según su origen:

- Fuegos clase A: se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.
- Fuegos clase B: se generan sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.
- Fuegos clase C: se inician sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
- Fuegos clase D: tienen lugar sobre metales combustibles, como lo son el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

Para sofocar el fuego, una de las formas, es el uso de extintores o matafuego, de los cuales existen cuatro tipos, aunque también se hallan combinados:

Los extintores de agua son efectivos para fuegos de Clase A, que involucran la combustión de materiales sólidos. El agua extingue el fuego absorbiendo el calor rápidamente, lo que reduce la temperatura más velozmente de lo que el fuego puede regenerar. Es crucial tener precaución al usar estos extintores y evitar su uso cerca de fuentes de electricidad o corrientes eléctricas para prevenir riesgos de electrocución.

Los extintores de polvo, reconocidos por su amplia presencia y eficacia, constituyen una herramienta fundamental en la lucha contra diversos tipos de incendios. Su diseño y composición los hacen particularmente versátiles y recomendables para fuegos de tipo A, fuegos de tipo B y fuegos de tipo C. La capacidad de estos extintores para sofocar llamas originadas por distintas fuentes combustibles radica en su agente extintor; un polvo químico seco finamente pulverizado, generalmente a base de fosfato monoamónico o bicarbonato de sodio/potasio. Este polvo actúa de varias maneras: al ser descargado, interrumpe la reacción en cadena del fuego, asfixia las llamas al formar una barrera que separa el oxígeno del combustible, y en algunos casos, enfría la superficie del material en combustión. En oficinas y empresas, su presencia es crucial para salvaguardar equipos electrónicos, archivos y áreas de almacenamiento, minimizando el riesgo de propagación de incendios y protegiendo tanto la infraestructura como el personal.

Extintores de CO_2, estos tipos de extintores son aptos para fuegos de tipo A, B y C. Al ser un extintor limpio, resulta ideal para maquinaria delicada y equipamientos eléctricos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que se trata de un elemento químico y que, por tanto, para evitar intoxicaciones es muy importante salir de inmediato del lugar cuando se haya extinguido el fuego.

Los extintores para fuegos especiales son un tipo de extintor de incendios diseñado específicamente para combatir incendios de Clase D, que involucran metales combustibles. Estos incendios son únicos y requieren agentes extintores que no reaccionen adversamente con los

metales incandescentes, a diferencia de los extintores de agua o de espuma, que podrían empeorar la situación o ser ineficaces.

Cantidad de extintores

La legislación vigente estipula la instalación de al menos un extintor de incendios por cada 200 m² de superficie a proteger. La distancia máxima de recorrido hasta el extintor no debe exceder los 20 metros para fuegos de clase A y los 15 metros para fuegos de clase B; por lo tanto se requieren al menos 2 equipos.

Disposición por áreas

Se disponen 3 equipos tipo ABC 10 kg con cobertura reforzada, uno por tercio de nave. En la zona de envasado se coloca 1 equipo tipo ABC 10 kg, por ser punto de riesgo (polvos inflamables). Cercano al tablero general y tablero de secado se distribuyen 2 equipos de CO_2 5 kg destinados a los equipos eléctricos.

Medidas complementarias

Se prohíbe el soplado con aire, se recomienda usar aspiración con filtros de alta eficiencia. Se colocan tomas equipotenciales y puesta a tierra para disipar cargas estáticas. La ventilación es dirigida para evitar nubes de polvo persistentes. En la planta hay señalización y se planea capacitación anual y mantenimiento semestral de extintores.

Gestión de residuos

Cáscaras

El aprovechamiento de las cáscaras de *Aloe vera* como biopesticida es una alternativa viable dentro de la gestión sostenible de residuos agroindustriales. Este subproducto, que se descarta luego del pelado de las pencas, contiene compuestos antraquinónicos como la aloína, además de otros fenoles con reconocida actividad antimicrobiana, antifúngica e insecticida (1). En lugar de constituir un desecho potencialmente contaminante, su valorización permite integrarlo al circuito productivo bajo un enfoque de economía circular, reduciendo el impacto ambiental y generando un insumo útil para la agricultura (2).

El proceso de obtención del biopesticida es simple y puede llevarse a cabo con recursos de baja complejidad tecnológica. A partir de los balances del proceso se calcula que se tienen 500 kg/día de residuo vegetal (base húmeda). En primera instancia, las cáscaras frescas se recolectan y se colocan en área de acopio cubierta y ventilada, en bins de madera. Posteriormente, se lavan de manera superficial con el fin de eliminar suciedad o materiales extraños. Una vez limpias, las cáscaras se someten a un proceso de triturado o molienda hasta obtener una pasta homogénea, lo que facilita la liberación de los compuestos bioactivos presentes en la epidermis (3). A partir de esta materia prima triturada se puede preparar un extracto acuoso. Consiste en la maceración en agua, mezclando la pasta de cáscaras con agua en una proporción aproximada

de 1:5 (p/p) y dejándola reposar entre 24 y 48 horas en condiciones oscuras, lo que favorece la extracción de los compuestos fenólicos. El extracto resultante debe diluirse antes de su aplicación, ya que concentraciones elevadas pueden generar fitotoxicidad; por ello, se recomienda trabajar con diluciones entre el 5 y el 20 % según el tipo de cultivo y el objetivo buscado (4).

En cuanto a los usos, este extracto puede aplicarse directamente sobre suelos o malezas en germinación, aprovechando el efecto herbicida de la aloína que inhibe la germinación y el desarrollo radicular. También es posible emplearlo como biopesticida en aplicaciones foliares o en riego localizado, ya que se ha demostrado su eficacia en el control de hongos como *Fusarium spp.* o *Aspergillus spp.*, así como en la acción repelente frente a determinados insectos (5). La frecuencia de aplicación dependerá de la presión de plagas, aunque en general se recomienda realizar tratamientos semanales o quincenales.

Espinas

Las espinas serán tratadas conjuntamente con las cortezas, a fin de simplificar el manejo y asegurar un aprovechamiento integral de estos subproductos. Para ello, ambas fracciones se introducirán en un mismo equipo triturador de residuos orgánicos, provisto de cuchillas reforzadas capaces de procesar materiales fibrosos y húmedos sin comprometer su funcionamiento. El material resultante, con una granulometría intermedia, permitirá una distribución uniforme y segura en los suelos agrícolas, donde se aplicará como biopesticida natural.

Agua de lavado

El agua de lavado generada durante el procesamiento de las pencas de *Aloe vera* constituye un efluente que concentra parte de la aloína contenida en el látex de la epidermis. Su caracterización es necesaria para definir el tratamiento antes de la descarga al curso de agua. Según la especificación de equipos, la bacha de clorado y lavado presenta un consumo de agua de 0,6 m³/h, mientras que el túnel de enjuague del gel incorpora un consumo adicional de 0,018 m³/h.

El caudal horario total de agua de lavado resulta:

$$Q_{total} = 0,6\ m^3/h + 0,018\ m^3/h = 0,618\ m^3/h = 618\ L/h$$

Para procesar 36 kg/h de gel es necesario ingresar unas 60 kg/h de pencas. Esta magnitud sirve como base para calcular la carga horaria de aloína. La aloína es soluble en agua y se libera fácilmente al eliminar la epidermis (1), y se sabe que en condiciones de procesamiento puede alcanzar valores de varios cientos de miligramos por litro en los efluentes (3). Para un escenario medio se puede asumir una transferencia de 0,5 g de aloína por kilogramo de penca procesada. Aplicando este valor, la carga horaria de aloína se determina como:

$$\dot{m}_{aloína} = 60\ kg\ pencas/h \times 0,5\ g\ aloína/kg\ penca = 30\ g/h$$

La concentración esperada en el efluente, considerado el caudal total de agua:

$$C = \frac{\dot{m}_{aloína}}{Q_{total}}$$

$$C = \frac{30\,000\ mg/L}{618\ L/h} = 49\ mg/L$$

En consecuencia, el agua de lavado presenta una concentración de aloína de 49 mg/L. Este nivel es significativo, ya que la aloína es un compuesto fenólico con reconocida actividad fitotóxica (6) y efectos adversos sobre organismos acuáticos y la microbiota (5), por lo que el vertido directo sin tratamiento generaría un riesgo ambiental.

Se debe de incorporar una etapa de ecualización de aproximadamente 2 m³, calculada para otorgar un tiempo de retención hidráulica de tres horas al caudal máximo de 0,6 m³/h:

$$V = Q \times t = 0,6\ m^3/h \times 3\ h = 1,8\ m^3$$

Para ello, se necesita un tanque de 2 m³ de capacidad útil. Esta unidad permite homogeneizar el efluente y ajustar el pH a valores de 8 con peróxido de hidrógeno, condición que favorece la hidrólisis y degradación parcial de las antraquinonas (4), reduciendo la carga a tratar en la etapa posterior.

Finalmente, se propone el pulido en una columna de carbón activado granular. Para un caudal de 10 L/min y un tiempo de contacto de 8 minutos, el volumen de lecho requerido es de entre 80 y 100 L:

$$V_{lecho} = Q \times Tiempo\ de\ contacto = 10\ L/min \times 8\ min = 80\ L$$

Correspondiente a una masa de carbón de 35 Kg. Esta configuración permite reducir la concentración de aloína en el efluente a valores inferiores a 5–10 mg/L, nivel considerado seguro para la descarga (2), siempre que se verifique el cumplimiento con los parámetros regulatorios de la jurisdicción en términos de DQO, fenoles totales y sólidos suspendidos.

Agua de reservorio del secador

El agua proveniente del reservorio del secador se descarga a una temperatura aproximada de 80 °C, con un volumen de 90 L por ciclo considerando la operación simultánea de los tres equipos de secado. Este efluente no contiene aloína, ya que en ningún momento entra en contacto con el gel, por lo que no presenta riesgo de contaminación química. Sin embargo, debido a su elevada temperatura no puede ser descartado directamente al ambiente, por lo que se prevé su paso por un tanque de enfriamiento que permita reducir la temperatura a valores seguros y compatibles con la normativa vigente. Una vez enfriada, esta agua podrá destinarse a tareas de limpieza en la propia planta, asegurando así un aprovechamiento racional del recurso hídrico y un manejo ambientalmente responsable.

Cámara frigorífica

Capacidad, disposición y dimensiones

Para el almacenamiento refrigerado de 8.000 kg de materia prima en condiciones de temperatura de 7 °C y humedad relativa cercana al 95 %, mediante el uso de cajones plásticos tipo IFCO de 20 kg de capacidad (0,60 × 0,40 × 0,22 m cada uno), apilados en columnas de hasta ocho unidades; se plantea utilizar un contenedor refrigerado de tipo 40′ High-Cube Reefer. La cantidad total de cajones a ingresar dentro del mismo se calculó a partir de la masa de pencas a almacenar según la expresión:

$$N_{cajas} = \frac{m_{total}}{m_{cajas}} = \frac{8\,000\ kg}{20\ kg/caj} = 400\ cajones$$

Considerando un apilado de 8 unidades por torre, la cantidad de torres resulta:

$$N_{torres} = \frac{400}{8} = 50\ torres$$

Cada torre presenta una huella de 0,60 × 0,40 = 0,24 m², por lo que la ocupación de área de piso total es de 12 m². El sistema de refrigeración seleccionado es un contenedor frigorífico High Cube de 40 pies. El mismo posee dimensiones internas de 11,55 m de longitud, 2,290 m de ancho y 2,545 m de altura, con un volumen útil de aproximadamente 67,5 m³. La superficie de piso disponible (26,45 m^2) resulta superior a la requerida, permitiendo una adecuada disposición de

las torres y espacio libre para la circulación de aire, operaciones de carga y descarga y ubicación de evaporador.

En cuanto a la altura, apilando de a ocho cajones (8 × 0,22 m) tendremos pilas de 1,76 m, mientras que la altura interna del contenedor es de 2,545 m. Esto deja un espacio libre en la parte superior del contenedor de:

$$H_{libre} = H_{int} - H_{pilas} = 2,545\ m - 1,760\ m = 0,785\ m$$

Teniendo en cuenta que la distribución de los cajones dentro de la cámara se realizará en estanterías móviles que permitan la cómoda carga y descarga manual, con ruedas de aproximadamente 10 cm de diámetro y espesor de bastidor de 10 cm. El diseño verifica carga distribuida y concentrada e integra posiciones de detención y retención para fijar la mercadería durante el enfriamiento, favoreciendo la trazabilidad (FIFO), la ergonomía y la eficiencia en las operaciones de ingreso, estiba y despacho. El margen superior para la circulación del aire frío dentro de la cámara se reduce a aproximadamente 0,585 m. Este margen permite una adecuada circulación de aire frío y separación respecto al evaporador. La disposición interna se hará en una matriz de 3 filas × 18 torres x 8 cajones, con separación lateral mínima (0,25 m) y dejando libre al menos 0,50 m frente al evaporador para evitar obstrucciones al flujo de aire.

Las condiciones de operación se fijan en 7 °C y una humedad relativa de 95 %. Debido a que el contenedor seleccionado no controla la humedad relativa, se requiere incorporar un sistema de humidificación

controlada, además de sensores de temperatura y humedad para registrar continuamente la evolución de los parámetros de la cámara.

Cargas térmicas y potencia frigorífica

A nivel operativo se previó un régimen de tres aperturas diarias (una apertura por turno de producción para retirar materia prima a procesar), por lo que es indispensable minimizar la duración de las mismas y coordinar la logística de entrada y salida para reducir las cargas térmicas adicionales.

El cálculo de la carga térmica se realizó con base en un coeficiente conservador de 0,04 kWfr/m³ para cámaras bien aisladas. De esta manera, la carga frigorífica de mantenimiento resultó:

$$Q_{fr} = q_m V = 0,04 \ \frac{kW_{fr}}{m^3} \times 67 \ m^3 = 2,68 \ kW_{fr}$$

La potencia eléctrica asociada al compresor, considerando un coeficiente de desempeño $COP = 2,5$, fue de:

$$P_{el,fr} = \frac{Q_{fr}}{COP} = \frac{2,68}{2,5} = 1,07 \ kW$$

Al incorporar la potencia del humidificador ($P_{hum} = 1,0 \ kW$), la demanda continua ascendió a:

$$P_{el,total} = P_{el,fr} + P_{hum} = 1,07 \ kW + 1,00 \ kW = 2,07 \ kW$$

En régimen continuo durante 24 h, la energía diaria base es:

$$E_{dia,base} = P_{el,total} \times 24 = 49,7\ kWh/día.$$

A esto se le agregó una pérdida de carga por aperturas de cámara, estimada en 6 kWh/día, dando como resultado:

$$E_{dia} = 49,7\ kWh/día + 6\ kWh/día = 55,7\ kWh/día.$$

Finalmente, el consumo total durante 156 días fue:

$$E_{total} = E_{dia} \times 156 = 55,7 \times 156 = 8\,694\ kWh = 8,7\ MWh.$$

Como ejemplo adicional, si se introducen de manera puntual 3.000 kg de pencas a 25 °C y deben enfriarse a 7 °C, el requerimiento de energía frigorífica es:

$$Q = mc_p \Delta T = 3\,000 \times 3,5\ \frac{kJ}{kg \cdot K} \times 18\ K = 189\,000\ kJ = 52,5\ kWh_{fr}.$$

La energía eléctrica necesaria, considerando $COP = 2,5$, sería:

$$E_{el} = \frac{52,5}{2,5} = 21,0\ kWh.$$

Se debe evitar la introducción de grandes volúmenes de materia prima caliente en una sola operación, siendo preferible escalonar las recepciones para reducir picos de carga sobre el sistema frigorífico.

$$Q_p = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{t} = \frac{8000\ Kg \times 3,5\ kJ/Kg.K \times (298-280)K}{24\ h} = 5,83\ kW$$

Desagües

Se establece la separación física e hidráulica de las redes de desagüe en tres sistemas independientes: industrial (proceso/limpieza), sanitario y pluvial. Esta segregación evita retornos cruzados, facilita el control de efluentes según su naturaleza y simplifica la operación y el mantenimiento. Cada red posee su propia lógica de captación, conducción, ventilación, inspección y descarga, con puntos de control (cámaras) diferenciados.

Materiales y acabados

Para las salas húmedas, canales y rejillas son de acero inoxidable, por su resistencia a la corrosión, superficie higiénica y facilidad de limpieza. Permite uniones soldadas y geometrías sanitarias (radios internos, ausencia de aristas vivas).

Los colectores enterrados son de PVC sanitario con junta elástica, por su inercia química, baja rugosidad y facilidad de montaje. Se selecciona la rigidez anular en función de la profundidad de zanja y cargas de tránsito.

Los sellos hidráulicos (sifones tipo “P”) se colocan en cada punto de captación, con altura de sello ≥ 50 mm para evitar emisión de olores y retorno de gases.

Como accesorios se necesitan uniones sanitarias (curvas de radio amplio), limpiadores y bocas de registro en cambios de dirección y cada

20–25 m; válvulas antirretorno en descargas críticas o niveles expuestos a inundación.

Desagües industriales

La red industrial se dimensiona para hasta 0,40 L/s, correspondiente a 2 mangueras de 0,20 L/s en uso simultáneo. Se adopta un caudal de cálculo de 0,60 L/s como margen de seguridad, contemplando puntas cortas por maniobras de lavado.

En sala

Se colocan canaletas longitudinales en acero inoxidable con pendiente entre 1,0 y 1,5 % hacia un pozo con trampa de sólidos con cesta extraíble. Esta disposición asegura velocidad autolimpiante, evita estancamientos y retiene sólidos gruesos (fibras y partículas) antes de ingresar al colector. Por encima, se disponen rejillas antideslizantes de paso fino (≤ 8 mm) y superficie ranurada para minimizar atrapamientos y mejorar la seguridad del operario.

Conducción y control

La descarga desde la trampa de sólidos a cámara de efluentes industriales (cámara de inspección), se puede monitorear el caudal y la calidad y, de ser necesario, derivar a tratamiento/retención.

Desagües sanitarios

El reglamento de OSN fija que los ramales de inodoros y descargas sanitarias deben ejecutarse en caños de diámetro de 110 mm, mientras que los colectores principales que agrupan varios ramales deben ser de 160 mm o mayor, según la carga de artefactos.

Se coloca una ventilación primaria continua del colector para equilibrar presiones y una secundaria en los grupos de artefactos para proteger sellos hidráulicos (evitan emisión de olores).

Para la inspección y mantenimiento, se instalan cámaras de inspección y bocas de registro cada 20–25 m y en cada cambio de dirección. Además de una descarga de vestuarios y baños a colector sanitario independiente, sin interconexión con la red industrial ni pluvial.

Desagües pluviales

El sistema de desagües pluviales se proyecta considerando la captación de aguas de lluvia en cubierta mediante canaletas de techo y bajadas verticales. Para evitar obstrucciones por material vegetal o fauna, estas canaletas se equipan con separadores de hojas y rejillas anti-aves que permiten mantener la sección hidráulica libre y asegurar un escurrimiento continuo. El agua recolectada se conduce hacia una cuneta, diseñada para mitigar picos de caudal y reducir la sobrecarga en la red pluvial externa. Es importante destacar que esta red se mantiene completamente independiente de los desagües industriales y sanitarios, evitando así el riesgo de sobrecargas hidráulicas, retornos o

contaminaciones cruzadas. En cuanto a los accesorios, se prevé la instalación de rejillas y tapas con la clase de carga adecuada al tránsito de la zona, así como piezas de inspección en los cambios de dirección que faciliten las tareas de mantenimiento. Finalmente, los tramos enterrados se proyectan con una pendiente mínima que permita garantizar la circulación continua del agua y prevenir encharcamientos o retornos en caso de tormentas intensas.

Ventilación

El sistema de ventilación de la nave se diseñó bajo un criterio de ventilación mecánica forzada, con el objetivo de garantizar condiciones de higiene, confort térmico y seguridad ocupacional acordes a la actividad industrial.

El volumen total del recinto, de 1040 m^3, requiere un nivel de renovación de aire equivalente a seis cambios por hora, valor que se encuentra dentro del rango recomendado por manuales de climatización para salas de procesamiento alimentario (12). En consecuencia, se dimensionó un caudal de extracción total de 6240 m^3/h, suficiente para remover calor sensible, controlar la humedad relativa, diluir olores y reducir la concentración de partículas en suspensión.

Para cubrir este caudal se instalarán 2 extractores de techo con capacidad de 3500 m^3/h cada uno, configurados de modo que operen de manera redundante, asegurando la continuidad del servicio incluso ante la eventual indisponibilidad de uno de los equipos. Los extractores están

equipados con motores eléctricos de protección, resistentes a polvo y humedad, y poseen rodetes fabricados en materiales anticorrosivos, adecuados para el ambiente de trabajo. Cada unidad cuenta con compuertas de gravedad que evitan la entrada de aire exterior o agua de lluvia cuando el sistema se encuentra fuera de operación, y se dispone de prefiltros en las tomas de aire para retener polvo y material particulado grueso.

El barrido del aire se logra a través de una estrategia de flujo cruzado, el ingreso se realiza mediante tomas bajas y la extracción se efectúa en puntos altos, lo que facilita el arrastre ascendente de partículas en suspensión y favorece la homogeneización de las condiciones ambientales.

El sistema de ventilación se integra de manera complementaria con los equipos de climatización tipo split inverter instalados en la nave. Mientras los splits se encargan principalmente de recircular y enfriar el aire, la ventilación mecánica introduce aire nuevo al recinto, estabiliza los niveles de humedad y renueva la atmósfera, contribuyendo a la dilución de olores y al control de polvo. Esta integración asegura tanto la eficiencia energética como la calidad del aire interior, evitando que el acondicionamiento se limite únicamente a un proceso de recirculación cerrada.

Desde el punto de vista de la seguridad e higiene, se prohíbe expresamente el uso de aire comprimido para remover polvo de superficies, dado que esta práctica genera aerosoles que pueden ser

inhalados por los trabajadores y redistribuir contaminantes en el ambiente. En su lugar, la limpieza de superficies y de filtros se realiza de forma programada mediante aspiración y lavado controlado. Asimismo, se establece un plan de mantenimiento preventivo, que incluye la limpieza periódica de rejillas y extractores y la verificación trimestral del caudal real de extracción, con el fin de garantizar que la ventilación mantenga en todo momento la capacidad de renovación requerida por el diseño.

Evacuación de vapor de secadores

El sistema de ventilación integra las descargas de vapor de los tres secadores en un colector superior y una descarga central forzada, garantizando control de pluma, condensación y depresión en la nave. Cada equipo se conecta mediante un ducto de acero galvanizado de diámetro 160 mm con pendiente de 2 % hacia un pote de condensado con sifón; las tres ramas confluyen en un colector de 250 mm de diámetro próximo al techo, aislado para minimizar condensación superficial.

En el eje de la nave se ubica un ventilador centrífugo (carcasa y rodete en acero inoxidable, motor fuera del flujo, VFD) que impulsa a una chimenea vertical con sombrerete de baja pérdida y altura conforme a separaciones de tomas/ventanas.

El dimensionamiento se realiza por balance de humedad y dilución, cada secador elimina 35,2 kg/h, se diseñan los conductos para eliminar 1500 m^3/h, controlando velocidades de 5 m/s en ramas y colector; la selección del ventilador se basa en el caudal total y la pérdida de carga

calculada por Darcy–Weisbach (fricción y pérdidas menores de codos, wyes, compuertas y terminal), típicamente del orden de 250 Pa, con potencia efectiva de 0,2 kW y motor comercial 0,75 kW para margen.

Se adopta una descarga exterior con codo a 90° para impedir el ingreso de lluvia. El tramo terminal debe prolongarse al menos 1,0 m fuera del plano de fachada y llevar pendiente 2 % hacia el interior hasta una pierna de goteo con sifón y drenaje antes del codo, evitando que el agua o condensado alcance el ventilador. Se incorpora malla antipájaros y guardapolvo en la boca, y se mantiene velocidad de salida 10 m/s.

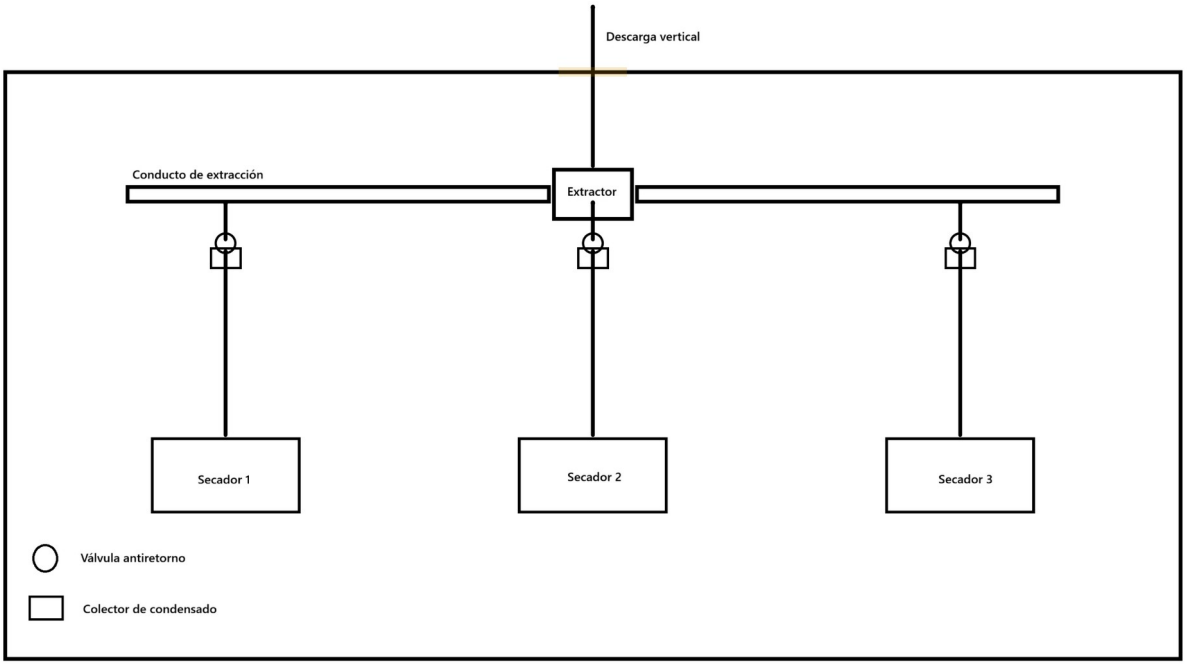


Figura 1. Esquema de descarga de vapor de los secadores.

Bibliografía

(1) Hamman, J. H. (2008). Composition and applications of Aloe vera leaf gel. *Molecules, 13*(8), 1599–1616.

(2) Rodríguez-González, V. M., Gutiérrez-Uribe, J. A., & Serna-Saldivar, S. O. (2011). Aloe vera: Cultivo, procesamiento y aplicaciones. *Food Science and Technology International, 17*(4), 241–246.

(3) EFSA (European Food Safety Authority). (2013). Scientific opinion on hydroxyanthracene derivatives in food. *EFSA Journal*, 11(8), 3236.

(4) Sánchez-Maldonado, A. F., Schieber, A., & Gänzle, M. G. (2014). Antifungal activity of secondary plant metabolites from potatoes (*Solanum tuberosum* L.): Glycoalkaloids and phenolic acids show synergistic effects. *Journal of Applied Microbiology, 116*(5), 1133–1142.

(5) Chandegara, V. K., & Varshney, A. K. (2013). Aloe vera: Development of plant-based antifungal formulations and evaluation against plant pathogenic fungi. *International Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 41–45.

(6) Femenia, A., Sánchez, E. S., Simal, S., Rosselló, C., & Mulet, A. (1999). Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers, 39*(2), 109–117.

(7) Codex Alimentarius. (2023). *Guidelines for the safe use and reuse of water in food production and processing (CXG 100-2023).* Rome: FAO/WHO. Recuperado de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius

(8) Fórmulas extraídas de McCabe, W. L., & Smith, J. C. (2007). Operaciones unitarias en ingeniería química (7.ª ed.). McGraw-Hill.

(9) Obras Sanitarias de la Nación – OSN. (2002). *Manual de instalaciones sanitarias domiciliarias e industriales.* Buenos Aires: Subsecretaría de Recursos Hídricos.

(10) FAO. (2016). *Manual de higiene de los alimentos: Principios generales de higiene de los alimentos, CXC 1-1969*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius

(11) ASHRAE. (2019). *ASHRAE Handbook – HVAC Applications* (SI Edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

(12) Norma IRAM 3597. Instalaciones Fijas contra Incendios, Sistemas de Hidrantes y Bocas de Incendio.

CAPÍTULO X

Instalaciones eléctricas

Índice

Introducción **2**
Cálculo de la sección de conductores **3**
Secciones mínimas de conductores 5
Banco de capacitores 6
Procedimiento para el cálculo de las acometidas **8**
Desde tableros seccionales a equipos 8
Acometidas desde Tablero General a cada Tablero Seccional 12
Iluminación 20
Cálculo por el método de Lúmenes 23
Procedimiento para calcular luminaria de la nave principal 24
Luminaria baños y sanitarios 28
Luminaria de zona de descanso 28
Luminaria de oficinas 29
Luminaria de pasillo 29
Luminaria de playa de carga y descarga 30
Luminaria de pasillos 30
Luminaria de galpón de almacenamiento 31
Tablero de servicios e iluminación (TS-6) 32
Tablero iluminación del galpón (TS-7) 32
Tablero de iluminación nave (TS-8) 33
Interruptores termomagnéticos **34**
Bibliografía **39**

Introducción

Este capítulo se centra en el análisis del sistema eléctrico de la planta industrial, el servicio auxiliar esencial para su funcionamiento. Se determinarán las secciones de los conductores, considerando la potencia eléctrica necesaria y la corriente resultante, aplicando un margen de seguridad del 25%. Además, se verificará que la caída de tensión no exceda el 3%, según lo establecido por la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA). Se calculará también un banco de capacitores para corregir el factor de potencia a 0,95, el cual se instalará en el tablero principal.

La energía eléctrica es suministrada por la Cooperativa Eléctrica de Concordia (COOPELEC). La instalación prevé una potencia contratada de 400 kW y un suministro en media tensión (MT 13,2 kV), transformado a baja tensión mediante un transformador de 500 kVA, lo que otorga un margen adecuado para el crecimiento de la demanda.

La bajada de energía se ubica próxima a la nave principal y se realiza en media tensión; en ese punto se instala un transformador de distribución que reduce a baja tensión, nivel con el que operan todos los servicios internos de la planta. Desde el transformador parten conductores enterrados en zanja con protección mecánica y señalización, que ingresan al edificio y desembocan en el tablero general emplazado sobre la pared compartida con la cámara frigorífica, del lado interior de la planta, optimizando longitud de tendidos, pérdidas y accesibilidad para operación y mantenimiento, y asegurando la adecuada selectividad y puesta a tierra entre los sectores de MT y BT.

Dada la superficie de la planta, la distribución se realiza desde el tablero general que concentra el seccionamiento, las barras de distribución, el banco automático de capacitores y los dispositivos de

protección contra sobretensiones. Desde aquí parten alimentadores independientes hacia tableros seccionales dedicados por función. La decisión de asignar un tablero seccional independiente a cada secador reduce longitud de acometidas de alta carga, mejora la selectividad de protecciones y eleva la confiabilidad operativa, ya que una intervención o falla en un secador no compromete la continuidad de los restantes ni del resto del proceso.

Esta disposición garantiza que las longitudes de los alimentadores se mantengan dentro de los márgenes que permiten cumplir con la normativa de caída de tensión máxima (≤ 3 % en terminales), al tiempo que facilita el mantenimiento por sectores y reduce el capital inmovilizado en tableros y canalizaciones adicionales.

La distribución interna de la energía en la planta se realizará mediante un esquema radial. Este diseño reduce los costos de instalación al requerir acometidas de menor tamaño y facilita la rápida resolución de posibles fallas en el sistema.

Cálculo de la sección de conductores

El dimensionamiento de los conductores se realiza en base a la potencia activa de cada equipo, considerando un factor de potencia cosφ=0,95 y un margen de seguridad del 20 % para la corriente. La corriente trifásica nominal se obtiene con:

$$I_n = \frac{P}{K \cdot V \cdot cos\varphi}$$

Donde:

P: potencia activa (W)

V: tensión de línea (V)

$cos\varphi$ factor de potencia

$K = 3\sqrt{relación\ vectorial\ en\ sistemas\ trifásicos\ balanceados}$

Se procede con la verificación térmica para asegurar que la temperatura del conductor, y que al conducir la intensidad máxima, no exceda la temperatura máxima admisible del material. Para aislamientos termoplásticos, esta temperatura límite es de 70 ºC. Para cumplir con este criterio, debe satisfacerse la siguiente condición:

La corriente térmica se evalúa como:

$$I_{term} = 1,2 \cdot I_n$$

Y debe cumplirse que:

$$I_{term} \leq I_{adm}$$

donde I_{adm} es la corriente admisible del conductor según el catálogo Prysmian.

Se lleva a cabo la verificación de la caída de tensión. Este fenómeno ocurre debido a la circulación de corriente por los conductores, lo que provoca una pérdida de energía que se disipa en forma de calor, generando así la caída de tensión. Para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos, es fundamental que esta caída de tensión se mantenga por debajo de ciertos límites establecidos.

La caída de tensión se calcula con:

$$\Delta U = K \cdot I_n \cdot L \cdot (R \cdot cos\varphi + X \cdot sin\varphi)$$

donde:

ΔU: Caída de tensión (V)

K = $\sqrt{3}$ para sistemas trifásicos

I_n : Corriente nominal (A)

L: Longitud del conductor (m)

R: Resistencia del conductor (Ω/km)

X: Reactancia del conductor (Ω/km)

El límite adoptado es ΔU ≤ 3 % para circuitos terminales y ΔU ≤ 2,5 % para alimentadores de tableros, tal como recomienda la AEA.

Se efectúa una comprobación de los motores, tanto en el momento del arranque como durante su funcionamiento normal, considerando los siguientes criterios:

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} \times 100$$

Se debe cumplir que:

Para motores en régimen: $U \leq 5\%$

Para arranque de motores: $U \leq 15\%$

Para determinar la corriente de arranque del motor (1):

$$I_{arr} = 7 \cdot I_n$$

Secciones mínimas de conductores

Los valores de sección obtenidos se cotejan con los mínimos establecidos por la AEA, adoptando el mayor de ambos. Para equipos de baja potencia, la norma exige un mínimo de 2,5 mm² en conductores de cobre, incluso cuando el cálculo diera una sección menor (2).

Desarrollo y diseño del proceso para la obtención de gel de Aloe vera en polvo mediante secado por Ventana Re... implementación a... Da Silveira - N...

optará por adoptar esta última.

Tabla 2: Secciones mínimas de conductores exigidas por la AEA (AEA 90364-7-771)

TIPO	CARACTERISTICAS		$S_{mín}$ (mm²)
Líneas principales	Vinculan los bornes de salida del medidor con los bornes de entrada del tablero principal		4,0
Líneas seccionales	Vinculan los bornes de salida del tablero Ppal. con los bornes de entrada del tablero siguiente		2,5
Líneas de circuitos de uso general	Ej: toma corriente de uso gral.	Vinculan los bornes del último tablero con los puntos de utilización	1,5
Líneas de circuitos de uso especial	Ej: toma corriente para A.A.		2,5
Líneas de circuitos de conexión fija	Ej: equipos/maquinas fijas		2,5
Derivación/retorno de interruptores	Posibilitan interrumpir el conductor de fase en los circuitos de iluminación		1,5
Cond. de protección	Vinculan a tierra las corrientes de falla		2,5

Banco de capacitores

La incorporación de un banco de capacitores en la planta resulta indispensable tanto desde el punto de vista normativo como operativo. En primer lugar, las distribuidoras de energía, exigen a las industrias mantener un factor de potencia mínimo de 0,95, aplicando penalizaciones económicas cuando este valor no se cumple. En segundo lugar, la compensación de potencia reactiva reduce la corriente que circula por los conductores, lo que implica menores pérdidas por efecto Joule, menor caída de tensión y mayor eficiencia global del sistema eléctrico. Además, permite evitar el sobredimensionamiento de transformadores y conductores, optimizando la inversión en infraestructura.

Se dimensiona para corregir el factor de potencia a 0,95. La potencia reactiva necesaria es:

$$Q_c = P \cdot \ (tan\varphi_1 - tan\varphi_2)$$

donde:

- φ_1: ángulo del cosφ actual
- φ_2: ángulo del cosφ corregido

Suponiendo que el cosφ inicial fuera 0,90 con P = 340 kW, el cálculo arroja:

$$Q_c = 340 \cdot (0,484 - 0,329) = 53\ kvar$$

En consecuencia, se adopta un banco de 75 kvar automáticos en 2 etapas (3×25 kvar) responde a la necesidad de mantener el factor de potencia de la planta en valores iguales o superiores a 0,95, evitando penalizaciones económicas y optimizando la eficiencia energética. Si bien el cálculo puntual para la potencia activa de 380 kW arroja una compensación del orden de 60 kvar, se adoptó un valor mayor, ya que el dimensionamiento debe contemplar variaciones de régimen, futuros incrementos de carga y pérdidas asociadas al sistema de distribución. Según criterios de ingeniería, cuando la potencia reactiva a compensar supera el 15 % de la capacidad del transformador, resulta conveniente instalar bancos automáticos con etapas, en lugar de unidades fijas, para evitar sobrecompensación en horarios de baja carga y acompañar dinámicamente el perfil de consumo (5).

Se calculó además, la capacidad total en microfaradios necesaria, para la cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q - \dot{Q}}{3 \times w \times V^2} = \frac{P\left(tg\varphi - tg\dot{\varphi}\right)}{3 \times w \times V^2}$$

Donde:

P = potencia activa (W)

ϕ = ángulo real

ϕ’ = ángulo corregido

W = 2πf

V = tensión (Volt)

Por lo tanto, la capacidad total del banco que se instalará es de aproximadamente 551 µF por fase para 75 kvar, conexión triangular a 380 V, 50 Hz.

Procedimiento para el cálculo de las acometidas

Desde tableros seccionales a equipos

Cada circuito terminal se dimensiona en base a la potencia del equipo, distancia y condiciones de instalación. Se utilizan las tablas del catálogo Sintenax Valio para baja tensión, modelo VV-K/VV-R provisto PRYSMIAN CABLES & SISTEMS para determinar I_{adm}, R, X

Se utilizarán dos tablas del catálogo teniendo en cuenta que se usarán cables de cobre.

Se verifica:

1. Criterio térmico: $I_{term} \leq I_{adm}$
2. Criterio de caída de tensión: $\Delta U \leq 3\%$

- Para cada secador de ventana refractaria de 100 kW a 380 V:

$$I_n = \frac{100000\ W}{\sqrt{3} \cdot 380\ V \cdot 0{,}95} = 160\ A$$

Se selecciona la alimentación de los secadores mediante un cable multipolar con tres conductores cargados sobre bandeja tipo escalera, correspondiente al método E (10) del catálogo, por ser la configuración de mayor capacidad térmica (en tabla, 70 mm² admite 171 A en condiciones estándar); esta elección otorga holgura frente a la corriente nominal del equipo (160 A), reduce pérdidas magnéticas y facilita inspección y mantenimiento.

- Para los demás equipos

Para las instalaciones correspondientes a los tableros seccionales TS-4, TS-5 y TS-6, se adopta el método E de instalación, que según el catálogo Sintenax Valio corresponde a la disposición de cables multipolares sobre bandejas perforadas o tipo escalera al aire, lo cual asegura una adecuada disipación térmica, facilita el tendido ordenado y permite inspección y mantenimiento visual. Dado que las corrientes nominales de los equipos involucrados se encuentran muy por debajo de la capacidad térmica de un conductor de 2,5 mm² de cobre aislado, esta sección resulta suficiente para todas las derivaciones. Los cálculos de caída de tensión verificados para longitudes típicas arrojan valores inferiores al 3 %, cumpliendo con los criterios de eficiencia y seguridad establecidos por la normativa. Además, de acuerdo con lo dispuesto en la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA, Reglamentos para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles, 2006 y actualizaciones), el conductor de 2,5 mm² de cobre constituye la sección mínima admitida para circuitos de tomacorrientes y usos generales, lo que otorga respaldo normativo a la elección.

Para los cálculos de caída de tensión, se tuvo en cuenta la tabla donde especifican las características técnicas del conductor (obtenido de las tablas).

185	16,0	2,0	2,7	58	9120	0,121	0,0720
240	18,4	2,2	2,9	65	11840	0,0911	0,0716

Características eléctricas (IRAM)

Intensidad admisible para cables con conductores de cobre

Sección nominal	Método B2 Caño embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido Un cable multipolar o cables unipolares en contacto		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera Un cable multipolar	
						
mm²	A	A	A	A	A	A
1,5	13	12	16	14	18	15
2,5	19	16	22	20	25	21
4	25	22	29	27	33	29
6	31	29	38	34	42	35
10	43	38	52	48	58	49
16	57	51	70	63	78	67

SINTENAX® VALIO

Instalaciones Fijas

Baja tensión
0,6 / 1 kV
VV-K / VV-R

Características técnicas (IRAM) - Cables con conductores de cobre

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor de aislación nominal	Espesor de envoltura nominal	Diámetro exterior aproximado	Masa aproximada	Resistencia eléctrica a 70 °C y 50 Hz	Reactancia a 50 Hz
mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	Ohm/km
TRIPOLARES (alma de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	20	786	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	26	1270	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	28,5	1630	0,663	0,0760
50	8,1	1,4	1,8	30	2075	0,464	0,0777
70	10,9	1,4	2,0	30	2365	0,321	0,0736
95	12,7	1,6	2,1	33	3208	0,232	0,0733
120	14,2	1,6	2,2	36	3910	0,184	0,0729

Para determinar el valor de Δ U que se produce en cada una de las cargas es necesario conocer la distancia existente entre el tablero seccional y el lugar donde se ubica el equipo.

Se muestran a continuación, de manera ilustrativa, el cálculo realizado para cada uno de los equipos. En este caso se selecciona uno de los secadores.

Datos:

- Distancia=0,020 km
- R 70mm2=0.321 Ω /km
- X 70 mm2=0,0736 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31
- K=√3 para sistemas trifásicos
- I_n=160 A

$$\Delta U = 3\sqrt{} * 160\ A * 0,02\ km\ 0,\left(321\ \frac{\Omega}{km}\ 0,95 + 0,0736\ \frac{\Omega}{km} * 0,31\right)$$

$$\Delta U = 1,8\ V$$

$$\frac{\Delta U}{U} * 100 = 0,48\ \%$$

Debido a que se cumple que Δ $U \leq 5\%$ se verifica el criterio de caída de tensión y el conductor seleccionado es apto para ser utilizado.

Verificación caída de tensión por arranque:

$$I_{arr} = 7 * A = 1120\ A$$

Luego reemplazamos,

$$\Delta U = 3\sqrt{} * 1120\ A * 0,02\ km\ 0,\left(321\ \frac{\Omega}{km}\ 0,95 + 0,0736\ \frac{\Omega}{km} * 0,31\right)$$

$$\Delta U = 12,7\ V$$

$$\frac{\Delta U}{U} * 100 = 1,1\ \%$$

Como ΔU< 15%, se verifica la caída de tensión para el arranque del motor.

Acometidas desde Tablero General a cada Tablero Seccional

Para dimensionar los alimentadores entre el Tablero Principal (TP) y cada TS, se calcula, para cada TS, la demanda por potencia: se suman las potencias activas de los equipos fijos del seccional y se incorporan las tomas de uso general, distinguiendo entre tomas dedicadas, con factor de simultaneidad (Ks = 1) para cada equipo fijo y tomas de servicio (Ks = 0,20) para usos ocasionales/no coincidentes. La potencia aparente trifásica de demanda del tablero seccional se obtiene como:

$$S = \frac{P}{pf}$$

donde:

S = potencia aparente en kVA.
P = potencia activa en kW (suma de las potencias de los equipos).
pf= factor de potencia (adoptado 0,90, valor típico en cargas industriales).

Corriente en sistemas trifásicos:

$$I_{3\phi} = \frac{S \cdot 10^3}{K^* U_{LL}}$$

donde:

$I_{3\phi}$ = corriente de línea en A.
S= potencia aparente en kVA.
U_{LL} = tensión entre líneas del sistema trifásico, 380 V en este caso.
k= factor geométrico de un sistema trifásico equilibrado.

El término 10^3 convierte de kVA a VA.

La contribución de las tomas a la demanda del tablero se evalúa con la potencia activa equivalente por tipo de toma. Para una toma trifásica de corriente nominal (I), la potencia activa disponible viene dada por:

$$P = 3\sqrt{U}_{LL} I\ pf$$

donde:

P = potencia activa en kW que puede entregar una toma trifásica.
I = corriente nominal de la toma (16 A).

La potencia que puede entregar una toma trifásica de 16 A a 380 V, con factor de potencia típico industrial de 0,95, es del orden de 10 kW a plena carga. Sin embargo, cuando se trata de tomas de servicio (no dedicadas), en el cálculo de demanda del tablero se computa solamente el 20 %, es decir, 2 kW por toma.

En el caso de una toma monofásica de 220 V y 16 A con el mismo factor de potencia, la potencia a plena carga es de aproximadamente 3,34 kW; como toma de servicio, su contribución a la demanda del tablero se toma como 0,67 kW (el 20%). De este modo se evita sobredimensionar el alimentador y, al mismo tiempo, se garantiza que, si de manera excepcional una toma se usa a plena carga, el circuito pueda soportarlo sin comprometer la seguridad.

Conocida la potencia activa de demanda del tablero (equipos fijos más tomas ponderadas por su uso), se la convierte en potencia aparente dividiéndola por el factor de potencia adoptado (en la planta se corrige globalmente a valores cercanos a 0,95). A partir de esa potencia aparente, la corriente del alimentador se obtiene dividiendo los volt-ampere por el producto de la tensión entre líneas (380 V) y la

constante geométrica de los sistemas trifásicos. En términos prácticos: cuanto mayor sea la potencia aparente, mayor será la corriente de proyecto del alimentador.

Este procedimiento se aplica a la nueva distribución: tableros seccionales TS-1, TS-2 y TS-3 (uno por secador), TS-4 (cámara frigorífica, bacha y luminaria exterior), TS-5 (pelado, enjuague, homogeneización, molienda, bomba, envasadora, compresor), TS-6 (iluminación y tomas generales) TS-7 (iluminación del galpón de almacenamiento) y TS-8 (iluminación de la nave principal). En los tableros TS-4 y TS-5 se incluyen tomas dedicadas para los equipos fijos mencionados y un conjunto acotado de tomas de servicio (una trifásica y dos monofásicas por tablero, típicamente). En TS-6 se concentran las tomas de servicio generales (una trifásica y cuatro monofásicas) más dos tomas monofásicas dedicadas para ofimática. En total, la planta dispone de 10 tomas trifásicas y 12 tomas monofásicas de 220 V–16 A, distribuidas por tablero de manera de equilibrar seguridad, operatividad y crecimiento futuro.

Una vez verificadas las corrientes y secciones, se seleccionan los dispositivos de protección (corriente nominal y poder de corte) coordinando selectividad con el interruptor aguas arriba, y se comprueba que las caídas de tensión reales, con las longitudes de tendido definitivas, permanezcan dentro de los límites reglamentarios. Con ello, cada tablero cuenta con un alimentador seguro y eficiente, conforme a la AEA 90364 y a los catálogos de cables de referencia, y la instalación conserva la flexibilidad necesaria para conectar herramientas o equipos auxiliares sin sobredimensionar innecesariamente la infraestructura.

Con este esquema y de acuerdo con los equipos instalados, la distribución de tomas en los tableros de utilidades (TS-4), proceso (TS-5) y servicios e iluminación (TS-6, TS-7, TS-8) queda de la siguiente forma:

- En TS-4 se prevén tomas dedicadas trifásicas para la cámara frigorífica y la bacha de lavado (ambas con Ks=1), además de tomas de servicio compuestas por una trifásica de 16 A y dos monofásicas de 16 A (éstas con Ks=0,20).
- En TS-5 se consideran tomas dedicadas trifásicas para peladora, túnel de enjuague, bomba, homogeneizadora y molino, más dos tomas monofásica dedicada para la envasadora y compresor, y tomas de servicio con una trifásica y dos monofásicas.
- En TS-6 se concentra la luminaria de la nave secundaria y las tomas de servicio generales para oficinas (cuatro tomas monofásicas de 16 A).
- En TS-7 se concentra la luminaria del galpón de almacenamiento y dos tomas monofásicas.
- En TS-8 se concentra la luminaria de la nave principal.

El recuento global, que equilibra seguridad frente a sobrecargas, disponibilidad operativa y crecimiento futuro, asciende a 10 tomas trifásicas y 12 tomas monofásicas 220 V–16 A.

La verificación de caída de tensión cumple el requerimiento de ΔU ≤ 3 % en las longitudes previstas; si alguna derivación monofásica excede los 60 m se eleva la sección a 4 mm².

Potencias por tomas generales

- Potencia tomacorriente monofásico (PTM)

$$PTM = NU \cdot A Ku \cdot Ks = 2 \cdot 220\ V \cdot 10\ A 1 \cdot 0,2 = 880\ W$$

- Potencia tomacorrientes trifásicos (PTT)

$$PTT = \sqrt{3} \cdot NU \cdot A Ku \cdot Ks = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot 380\ V \cdot 16\ A 1 \cdot 0,2 = 4212\ W$$

- Potencia del tablero seccional (PTS)

$$PTS = SP + PTM + PTT$$

Donde:

SP: servicios permanentes

PTM: potencia tomacorriente monofásico

PTT: potencia tomacorriente trifásico

1- Cálculos para: TS-1 / TS-2 / TS-3

$$PTS = SP + PTM + PTT = 100\,000\ W + 880\ W + 4212\ W = 105\,092\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}\,U_{LL}\cos\varphi}\quad I_n = \frac{105\,092}{\sqrt{3}\cdot 380\cdot 0{,}95} = 168,1\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 1,2\ I_n = 201,7\ A$$

Para este tramo se adopta el Método E (bandeja perforada), un cable tetrapolar de cobre de 95 mm², con aislamiento XLPE (polietileno reticulado), más PE (polietileno) dimensionado según reglamentación. De acuerdo con el catálogo del fabricante para esa configuración, la corriente admisible es 207 A, suficiente frente a la corriente de cálculo del tablero de secador (168 A) y su margen del 20 % para verificación térmica (202 A).

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,004 km

- R=0,232 Ω /km
- X=0,0733 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31
- K=√3 para sistemas trifásicos
- I_n= 168, 1 A

$$\Delta U = 3\sqrt{I}\, L(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$$

$$\Delta U = 3\sqrt{\cdot}\quad 168,1\ A \cdot 0,040\ Km \cdot \left(0,268\frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,080\frac{\Omega}{km} \cdot 0,312\right) = 3,26\ V$$

$$\Delta U\% = 100 \cdot \quad 3,26/380 = 0,86\ \%\ \text{Cumple.}$$

2- Cálculos para TS-4

Este tablero alimenta la cámara frigorífica, la bacha de lavado, la luminaria exterior y además dos tomas trifásicas y dos tomas monofásicas.

$$PTS = 7000\ W + 1950\ W + 630\ W + 880\ W + 4212 = 14672\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{14672}{\sqrt{3}\cdot 380\cdot 0,95} = 23,5\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 28,2\ A$$

El alimentador TS-4 se ejecuta con un cable tetrapolar de cobre de 4 mm² (método E), con conductor de protección de 2,5 mm². La corriente de servicio es del orden de 24 A, por lo que la corriente admisible de catálogo (29 A) cubre el criterio térmico; la caída de tensión, considerando una longitud de 30 m, se mantiene cercana al uno por ciento. Los ramales desde el TS-4 a los equipos se realizan con 2,5 mm² para la cámara y la

bacha de lavado (trifásicos) y 1,5 mm² para las luces (monofásico), todos con conductor de protección de 2,5 mm², cumpliendo la caída de tensión admisible.

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,03 km
- R=5,92 Ω /km
- X=0,0991 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31
- K=√3 para sistemas trifásicos
- $I_n = 14,98\ A$

$$\Delta U = 3\sqrt{\cdot}\ \ 23,5 \cdot 0,030 \cdot (5,92\frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,0991\frac{\Omega}{km} \cdot 0,312) = 6,9\ V$$

$$\Delta U\% = 1,8\ \%$$

3- Cálculo para TS-5

Este tablero alimenta la peladora, túnel de enjuague, homogeneizadora, molino, envasadora, bomba, compresor y dos tomas trifásicas y dos tomas monofásicas.

$$PTS = 13450\ W + 880\ W + 4212\ W = 18542\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{18542}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 29,65\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 1,2\ I_n = 35,6\ A$$

El alimentador se resuelve con un cable tetrapolar de cobre de 4×10 mm² (método E). La corriente de servicio del tablero es del orden de 30 A, de modo que la corriente admisible de catálogo (49 A) supera la corriente de cálculo con el margen térmico del veinte por ciento. Desde el TS-5 hacia los equipos se adoptan ramales dimensionados por potencia y recorrido: para receptores trifásicos (peladora, túnel, homogeneizadora y molino, bomba) se emplean cables de 4×2,5 mm², y para la envasadora y el compresor monofásica se utiliza 3×2,5 mm², en todos los casos con conductor de protección de 2,5 mm² y verificación de caída de tensión inferior al tres por ciento en los recorridos previstos.

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,006 km
- R=0,933 Ω /km
- X=0,078 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31
- K=√3 para sistemas trifásicos

$$\Delta U = 3\sqrt{\cdot}\ \ 29,65\ A \cdot 0,006\ Km \cdot (0,933\frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,078\frac{\Omega}{km} \cdot 0,312) = 0,28\ V$$

$$\Delta U\% = 0,07\ \%\ \text{ Cumple.}$$

Tabla 2. Resumen por tablero seccional según Prysmian Sintenax Valio 0,6/1,1 kV (método E, bandeja).

Tablero	Sección (mm2) desde TP a TS	Tablero	Equipo	Sección (mm2) desde TS a Equipo

General	95	**TS 1**	Secador 1	4 x 70
	95	**TS 2**	Secador 2	4 x 70
	95	**TS 3**	Secador 3	4 x 70
	4	**TS 4**	Cámara frigorífica	4 x 2,5
			Bacha de lavado	4 x 2,5
			Luminaria exterior	3 x 2,5
	10	**TS 5**	Peladora	4 x 2,5
			Túnel de enjuague	4 x 2,5
			Homogeneizadora	4 x 2,5
			Bomba Moyno	4 x 2,5
			Molino	4 x 2,5
			Envasadora/selladora	3 x 2,5
			Compresor	3 x 2,5
	2,5	**TS 6**	Iluminación nave secundaria, pasillo	3 x 1,5
			Oficinas	3 x 1,5
	2,5	**TS 7**	Iluminación galpón de almacenamiento	3 x 1,5
	2,5	**TS 8**	Iluminación nave principal	3 x 1,5

Iluminación

Para garantizar un entorno de trabajo adecuado para todo el personal, es fundamental que todas las áreas de la planta estén bien iluminadas. Se prioriza un diseño arquitectónico que maximice la entrada de luz natural en todos los sectores. No obstante, se contempla la instalación de iluminación artificial para los momentos en que la luz natural sea insuficiente.

La Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, junto con sus decretos reglamentarios 351/79 y 1338/96 (Cap. 12) establecen las condiciones de seguridad obligatorias para cualquier actividad industrial en Argentina.

Cada tarea y/o espacio requiere un tipo de iluminación particular con características específicas para facilitar su desempeño. En el ámbito industrial, las lámparas industriales proporcionan la luminosidad necesaria para plantas, fábricas o áreas exteriores. A continuación, se detallan las lámparas seleccionadas para las distintas zonas de trabajo:

Para baños, vestuarios, ingreso a planta y pasillos, se optaron por Tubos Led Valiuo T8 de 16 Watts, considerados idóneos para estas áreas.



Para los sectores de oficinas y áreas de descanso se optó por paneles led “Ledvance Pa inación para espacios donde se realizan



Para la nave principal amp Proof Led 36 W” cuya estructura hermética resistente a salpicaduras, humedad y polvo la hace ideal para este tipo de sectores.



Para la pl) W, IP65.



En este a blero de luminaria. Se debe tener en cuenta que dicho tablero tiene en cuenta toda la iluminaria de la nave que incluyen los siguientes sectores:

- Baños y vestuarios
- Pasillos
- Oficina de Administración
- Área de descanso
- Ingreso a Planta
- Almacenamiento

- Producción
- Playa de carga y descarga

Se realizan los cálculos correspondientes para determinar el número de lámparas a utilizar en todos los sectores.

Cálculo por el método de Lúmenes

Se utiliza este método para calcular el nivel medio de la iluminación en una instalación de alumbrado general con un error de ± 5%. Se adopta el método de los lúmenes para calcular el número de luminarias en cada ambiente (4):

$$N_L = \frac{E_m \cdot S}{\Phi_L \cdot n \cdot C_u \cdot C_m}$$

donde:

E_m: iluminancia media (lux) según IRAM-AADL J 20-06: 300 lx en producción, 500 lx en laboratorio, 150 lx en pasillos.

S: superficie (m²)

Φ_L: flujo de la lámpara (lúmenes)

n: lámparas por luminaria

C_u: coeficiente de utilización (es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria).

C_m: coeficiente de mantenimiento (es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria; 0,8 en ambientes limpios).

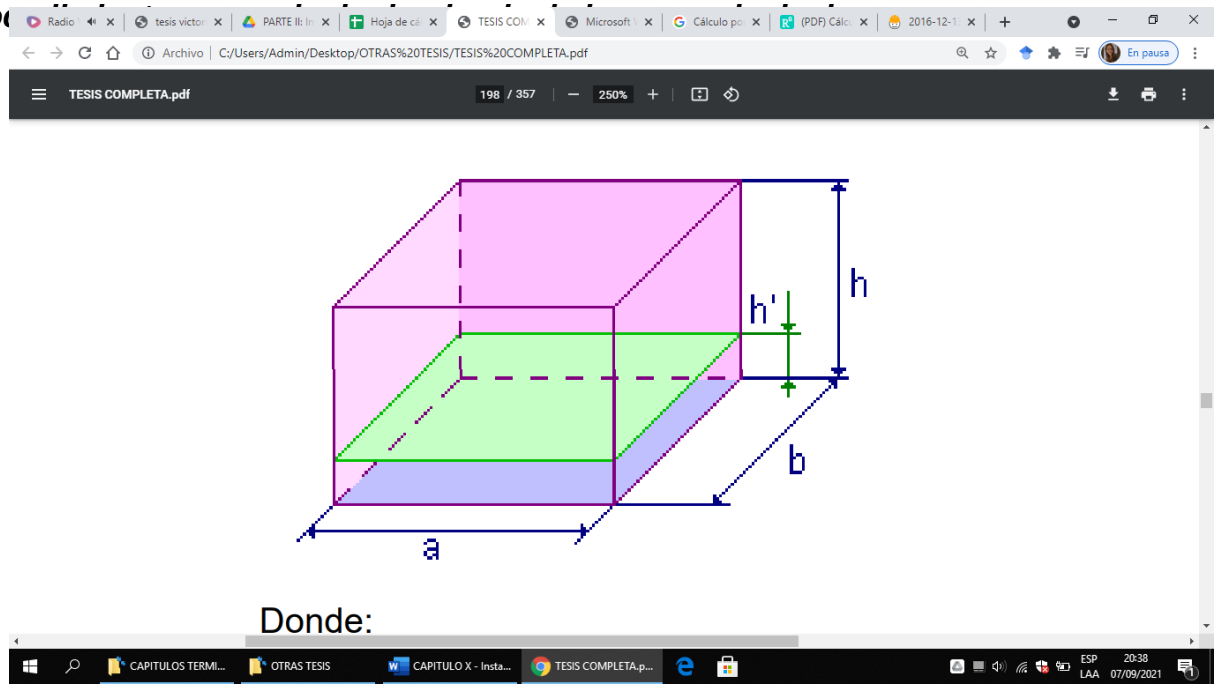
Para el cálculo del número de luminaria se emplea la siguiente ecuación:

$$NL = \frac{\phi_T}{n\phi_L}$$

Donde:

- NL: número de luminarias
- Φ_T: flujo luminoso total necesario en la zona o local
- Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
- n: número de lámparas que tiene la luminaria

Proc



Donde:

- a: ancho de la sala
- b: largo de la sala
- h: altura de la luminaria

La nave principal tiene las siguientes dimensiones: ancho 13 m, largo 20 m, altura 4 m.

2) Nivel de iluminancia media (E_m)

Luminancia (E_m) es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el Lumen/m^2=lux. El nivel de iluminación requerido dependerá de la tarea a realizar. De acuerdo con la norma IRAM 11603 y el CAA, se exige un nivel mínimo de 300 lux en zonas de proceso.

3) Cálculo del índice del local (k)

El índice del local (K) es un factor que surge de la geometría del lugar a iluminar. Depende además del sistema de iluminación a utilizar, es decir, si será iluminación directa, semidirecta o difusa. Para la iluminación de la nave principal se utilizará iluminación directa. La ecuación para calcular este factor es la siguiente:

$$K = \frac{a\ b}{h(a+b)} = \frac{20\ m * 13\ m}{4\ m*(20\ m+13\ m)} = 2$$

4) Determinación de los coeficientes de reflexión de superficies

La reflexión de la luz depende del tipo de material o superficie en la que incide. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados. Se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 3. Coeficientes de reflexión de superficies.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3

	Oscuro	0,1

Para la planta se utilizan los siguientes factores de reflexión: para el techo 0,7, paredes 0,5 y suelo 0,3.

5) Calculo el coeficiente de utilización (Cu)

El coeficiente de utilización, nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. El coeficiente de utilización se determina de tablas y depende de los valores del índice del local (K) y de los coeficientes de reflexión antes determinados.

Tabla 4. Factor de utilización.

Luminaria industrial suspendida

Coeficientes de reflexión ρ										
Techo	0,8		0,7					0,5		0,3
Paredes	0,7		0,7		0,5		0,3	0,3	0,1	0,3
Suelo o plano útil	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Índice del local K	**Rendimiento del local η_R**									
0,60	0,72	0,66	0,70	0,65	0,58	0,56	0,50	0,55	0,49	0,49
0,80	0,83	0,76	0,81	0,74	0,70	0,66	0,60	0,64	0,59	0,59
1,00	0,91	0,81	0,88	0,80	0,77	0,72	0,66	0,71	0,66	0,65
1,25	0,98	0,87	0,95	0,85	0,85	0,79	0,73	0,77	0,73	0,72
1,50	1,02	0,90	0,99	0,88	0,90	0,82	0,77	0,81	0,76	0,75
2,00	1,08	0,94	1,05	0,94	0,97	0,88	0,83	0,86	0,82	0,81
2,50	1,12	0,97	1,09	0,95	1,02	0,91	0,87	0,89	0,86	0,85
3,00	1,15	0,99	1,11	0,97	1,05	0,93	0,90	0,91	0,89	0,87
4,00	1,19	1,01	1,14	0,99	1,09	0,96	0,94	0,94	0,92	0,90
5,00	1,21	1,02	1,16	1,01	1,12	0,98	0,96	0,96	0,94	0,92

Con el índice calculado K=2 y los factores de reflexión adoptados, se obtiene un valor de coeficiente de 0,97.

6) Coeficiente de mantenimiento (C_m)

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Teniendo en cuenta que se realiza una limpieza de techos, paredes semanalmente se adopta un coeficiente de mantenimiento de 0,8 (valor para un ambiente limpio).

7) Cálculo del flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 300 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 260 m ^{2}
- C_u: 0,97
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{300\ \frac{lumen}{m^2} * 260 m^2}{0{,}97*0{,}8} = 100515\ lúmenes$$

8) Cálculo del número de luminarias

Las características técnicas de DAMP-PROOF LED 36W Ledvance:

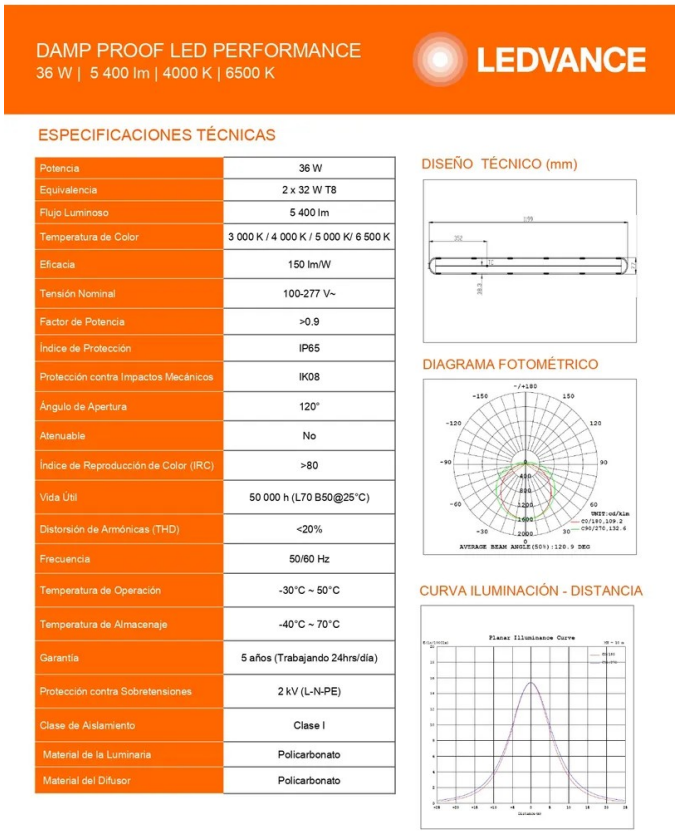


Fig AGOSTO 2023

La cantidad de luminarias necesarias se determina mediante la siguiente ecuación:

$$NL = \frac{\phi_T}{n\phi_L}$$

Datos:

- Φ_T= 100515 lúmenes
- Φ_L= 5400 lúmenes
- N= 1

$$NL = \frac{100515\ lm}{5400\ lm} = 19\ lámparas$$

Luminaria baños y sanitarios

Flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 150 lúx (lumen/m^2)
- S = 35 m^2
- C_u: 0,70
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{150\ \frac{lumen}{m^2} * 35 m^2}{0{,}70*0{,}8} = 9375\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{9375\ lm}{1600\ lm} = 6\ lámparas$$

Luminaria de zona de descanso

Flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 150 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 15 m ^{2}
- C_u: 0,58
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{150\ \frac{lumen}{m^2} * 15 m^2}{0{,}58*0{,}8} = 4849\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{4849\ lm}{3600\ lm} = 2\ lámparas$$

Luminaria de oficinas

Flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 300 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 15 m ^{2}
- C_u: 0,58
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{300\ \frac{lumen}{m^2} * 15 m^2}{0{,}58*0{,}8} = 9698\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{9698\ lm}{3600\ lm} = 3\ lámpara$$

Luminaria de pasillo

Flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 150 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 10,5 m ^{2}
- C_u: 0,58
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{150\ \frac{lumen}{m^2} * 19{,}5 m^2}{0{,}58*0{,}8} = 6304\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{6304\ lm}{1600\ lm} = 4\ lámparas$$

Luminaria de playa de carga y descarga

Flujo luminoso total Φ $_T$

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 300 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 120 m ^{2}
- C_u: 0,85
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{300\ \frac{lumen}{m^2} * 120 m^2}{0{,}85*0{,}8} = 52941\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{52941\ lm}{2500\ lm} = 21\ lámparas$$

Luminaria de pasillos

Flujo luminoso total Φ $_T$

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 150 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 4,5 m ^{2} (cada uno)
- C_u: 0,58
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{150 \frac{lumen}{m^2} * 4{,}5 m^2}{0{,}58*0{,}8} = 1454\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{1454\ lm}{2*\ 1600\ lm} = 1\ lámpara$$

Luminaria de galpón de almacenamiento

Flujo luminoso total Φ_T

$$\phi_T = \frac{E_m S}{C_u C_m}$$

Datos:

- E_m: 300 lúx (lumen/m ^{2})
- S = 40 m ^{2}
- C_u: 0,7
- C_m:0,8

$$\phi_T = \frac{300 \frac{lumen}{m^2} * 40\ m^2}{0{,}70*0{,}8} = 21428\ lúmenes$$

Número de luminarias

$$NL = \frac{21428\ lm}{5400\ lm} = 4\ lámparas$$

Tablero de servicios e iluminación (TS-6)

Este tablero alimenta la iluminación de la nave secundaria, tomas generales, y dos tomas monofásicas.

$$PTS = 360\ W + 500\ W + 880\ W = 1740\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{1740\ W}{220V \cdot 0{,}95} = 8,3\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 9,9\ A$$

Su alimentador desde el TP se resuelve con un cable de dos conductores de cobre de 1,5 mm² (método E).

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,03 km
- R=15,9 Ω /km
- X=0,108 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31

$$\Delta U = 8,3\ A \cdot 0,030\ Km \cdot \left(15,9\frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,108\frac{\Omega}{km} \cdot 0,312\right) = 3,8\ V$$

$$\Delta U\% = 1,7\ \%\ \text{Cumple.}$$

Tablero iluminación del galpón (TS-7)

Este tablero alimenta la iluminación del galpón y dos tomas monofásicas.

$$PTS = 144\ W + 880\ W = 1024\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{1024\ W}{220V \cdot 0{,}95} = 4,8\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 5,9\ A$$

Su alimentador desde el TP se resuelve con un cable de dos conductores de cobre de 1,5 mm² (método E).

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,02 km
- R=15,9 Ω /km
- X=0,108 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31

$$\Delta U = 4,8\ A \cdot 0,02\ Km \cdot (15,9\frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,108\frac{\Omega}{km} \cdot 0,312) = 1,4\ V$$

$$\Delta U\% = 0,7\ \%\ \text{Cumple.}$$

Tablero de iluminación nave (TS-8)

Este tablero alimenta la iluminación de la nave.

$$PTS = 684\ W + 880\ W = 1564\ W$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{1564\ W}{220V \cdot 0{,}95} = 7,5\ A$$

Se determina la corriente térmica :

$$I_{térm} = 8,9\ A$$

Su alimentador desde el TP se resuelve con un cable de dos conductores de cobre de 1,5 mm² (método E).

Se procede a realizar la verificación por caída de tensión:

Datos:

- Distancia=0,03 km
- R=15,9 Ω /km
- X=0,108 Ω /km
- Cos φ=0,95
- Sen φ=0,31

$$\Delta U = 7,5\ A \cdot 0,030\ Km \cdot \left(15,9 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,108 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,312\right) = 3,4\ V$$

$$\Delta U\% = 1,5\ \%$$ Cumple.

Interruptores termomagnéticos

Este dispositivo se emplea para proteger circuitos eléctricos. Posee una parte térmica que actúa ante sobrecargas del circuito, y una parte magnética que lo hace frente a cortocircuitos.

Está diseñado con un electroimán (parte magnética) y una lámina bimetálica (parte térmica) conectadas en serie por donde fluye la corriente eléctrica. Si la corriente que pasa por el electroimán excede el límite establecido (entre 3 y 20 veces la intensidad nominal), se produce la apertura del contacto. Por otro lado, la lámina bimetálica, que constituye la parte térmica, se deforma y activa el dispositivo mecánico correspondiente si se calienta por encima de un valor predeterminado. En

cualquiera de los casos, si el interruptor detecta el riesgo, se desconecta automáticamente.

Para elegir el interruptor termomagnético más adecuado, se deben verificar las siguientes condiciones:

$$I_n \leq I_{nI} \leq I_{adm}$$

$$I_d \leq 1,45 \times I_{adm}$$

$$I_d = 1,3 \times I_{nI}$$

Donde:

I_n : Corriente nominal que circula por el conductor (A).

I_{nI} : Corriente nominal del interruptor termomagnético (A).

I_{adm} : Corriente admisible del conductor (A).

I_d : Corriente de disparo del interruptor termomagnético (A).

La curva de disparo se definió D para cargas con motor, como el equipo de pelado, homogeneizadora, etc. y C para iluminación sin picos marcados. El número de polos se fijó en tres en circuitos trifásicos 380 V y dos polos en monofásicos 220 V. El poder de corte se tomó ≥ 25 kA para calibres ≥ 160 A y ≥ 10 kA para el resto.

En la instalación eléctrica del proyecto se colocan interruptores termomagnéticos para cada tablero seccional y para cada equipo.

Tabla 5. Interruptores termomagnéticos adoptados para cada tablero seccional .

Tablero Seccional	PE (W)	In (A)	Sección mm²	I adm (A)	Interruptor TM-MDW

TS 1	100000	160	95	207	MDW 3P 200 A, 25 kA*
TS 2	100000	160	95	207	MDW 3P 200 A, 25 kA
TS 3	100000	160	95	207	MDW 3P 200 A, 25 kA
TS 4	9580	22	4	30	MDW 3P 25 A, 10 kA
TS 5	13450	39	10	49	MDW 3P 40 A, 10 kA
TS 6	860	4,1	1,5	18	MDW 3P 6 A, 10 kA
TS 7	144	0,7	1,5	18	MDW 3P 6 A, 10 kA
TS 8	648	3,3	1,5	18	MDW 3P 6 A, 10 kA

** MDW (identificación del equipo); 3P (tres polos); 200 A (calibre nominal); 25 kA (poder de corte).*

Tabla 6. Interruptores termomagnéticos adoptados para cada equipo.

Tablero	**Equipo**	**U (V)**	**Pe (W)**	**In (A)**	**Sección (mm²)**	**Inl (A)**	**Interruptor TM-MDW**
TS 1	Secador 1	380	100000	160	70	225	3P 200 A, 25 kA, curva D

TS 2	Secador 2	380	100000	160	70	225	3P 16 A, 10 kA, curva D
TS 3	Secador 3	380	100000	160	70	225	3P 6 A, 10 kA, curva D
TS 4	Cámara frigorífica	380	7000	11,8	2,5	10	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 4	Bacha de lavado	380	2053	2,53	3,3	6	2P 10 A, 10 kA, curva D
TS 4	Luminaria	220	630	1,1	1,5	18	2P 10 A, 10 kA, curva D
TS 5	Peladora	380	2105	3,4	2,5	21	3P 6 A, 10 kA, curva D
TS 5	Túnel de enjuague	380	2316	3,7	2,5	21	3P 10 A, 10 kA, curva D
TS 5	Homogeneizadora	380	3895	6,23	2,5	21	3P 6 A, 10 kA, curva D
TS 5	Molino	380	1052	1,68	2,5	21	3P 6 A, 10 kA, curva D
TS 5	Envasadora/selladora	220	1579	4,36	2,5	21	3P 6 A, 10 kA, curva D

TS 5	Bomba	380	1579	2,5	2,5	21	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 5	Compresor	220	1579	7,6	2,5	25	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 6	Iluminación nave secundaria	220	360	1,7	1,5	18	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 6	Oficinas y área de descanso	220	500	2,4	1,5	18	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 7	Iluminación galpón de almacenamiento	220	144	144	1,5	18	2P 6 A, 10 kA, curva C
TS 8	Iluminación nave principal	220	684	684	1,5	18	2P 6 A, 10 kA, curva C
	Aires acondicionados (individual)	3300	13200	13200	2,5	18	2P 25 A, 6 kA, curva C

Bibliografía

(1) ABB. (2021). *Motores de inducción: corrientes de arranque típicas*. ABB Technical Guide.

(2) Asociación Electrotécnica Argentina (AEA). (2016). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. AEA 90364. Buenos Aires.

(3) Blanco, F., & García, J. (2009). *Instalaciones eléctricas industriales*. McGraw-Hill.

(4) Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (2011). *Luminotecnia: cálculo según el método de los lúmenes*. Universitat Politècnica de València. http://hdl.handle.net/10251/12833

(5) Electrical Engineering Portal. (2017). *Defining size and location of capacitor in electrical system*. Electrical-engineering-portal.com. Recuperado de https://electrical-engineering-portal.com/defining-size-and-location-of-capacitor-in-electrical-system-1

(6) LEDVANCE. (2018). *Catálogo Lámparas y Luminarias LED*. Argentina. http://lumio.com.ar/pdf/12031555_CATALOGOLAMPSLUMOCTUBRE2018.pdf

(7) Prysmian Cables & Systems. (2018). *Catálogo Sintenax Valio VV-K/VV-R*. Buenos Aires.

(8) Weg. (2020). *Catálogo de interruptores termomagnéticos y diferenciales*. Weg Equipamientos Eléctricos.

CAPÍTULO XI

Obras civiles

Índice

Terreno **2**
Reformas y acondicionamiento de la nave principal **3**
Revestimientos interiores 3
Pisos 3
Desagües y distribución de rejillas 4
Techo y cielorraso 5
Zócalo 5
Iluminación 6
Aberturas 6
Playa de carga y descarga 7
Construcciones nuevas **8**
Sanitario y vestuarios 8
Cálculo del espacio y distribución 9
Filtro sanitario 9
Área de descanso 10
Oficinas 10
Corredor 11
Depósito 12
Costos **13**
Mano de obra 13
Materiales 14
Bibliografía **15**

Terreno

El terreno destinado a la obra civil corresponde a un lote propio ubicado en la zona de Yuquerí, Concordia, Entre Ríos.

La construcción se ajusta a las condiciones establecidas en el Código Alimentario Argentino (CAA), Capítulo II “Condiciones generales de las fábricas y comercios de alimentos”, así como a los lineamientos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y HACCP que exigen separación de áreas, facilidad de limpieza y control de plagas (1, 2).

El diseño civil prevé la remodelación de una nave industrial de 260 m² (20 × 13 m) y la edificación de dos bloques independientes donde se encontrarán sanitarios y vestuarios, área de descanso y oficinas y por otro lado, el galpón de almacenamiento. Respetando la condición de que los servicios al personal no se comuniquen directamente con las áreas de elaboración (1).

En este capítulo se describen las remodelaciones y adecuaciones que deberán llevarse a cabo con el fin de adaptar las instalaciones existentes a los requerimientos técnicos, higiénicos y normativos propios de una planta elaboradora de productos alimenticios. Estas intervenciones comprenden la reorganización de espacios, la incorporación de revestimientos y terminaciones sanitarias, la instalación de sistemas de ventilación y desagüe adecuados, así como las mejoras en accesos y áreas de servicio, de modo de garantizar la seguridad, la eficiencia operativa y la futura habilitación por parte de las autoridades competentes.

Reformas y acondicionamiento de la nave principal

Revestimientos interiores

En cuanto a los revestimientos interiores de la nave, se prevé la aplicación de un recubrimiento epoxi alimentario de grado sanitario hasta una altura de 2,5 metros en todos los parámentos verticales. Este material presenta elevada resistencia química y mecánica, además de garantizar superficies lisas, impermeables y fáciles de higienizar, lo que minimiza el riesgo de acumulación de suciedad y proliferación microbiana. Por encima de dicha altura, las paredes serán terminadas con pintura lavable, lo que permite mantener condiciones de asepsia y cumplir con los estándares establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA) y las normativas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Pisos

Con el objeto de incrementar la capacidad portante del pavimento existente y garantizar su desempeño frente a cargas concentradas de equipos y tránsito interno, se ejecutará un sobrelosado estructural armado sobre el piso de la nave de elaboración. Se resolverá con hormigón, con espesores nominales de 100 mm, incorporando malla electrosoldada SIMA Q188 (Ø 6 mm, 150 × 150 mm) colocada a un tercio superior del espesor mediante separadores adecuados para asegurar su correcta posición. Se adoptarán pendientes mínimas del orden del 1 % hacia los puntos de captación previstos, a fin de compatibilizar el escurrimiento con el sistema de desagüe sanitario.

Sobre el hormigón, se aplicará un sistema de recubrimiento epoxi continuo, de grado alimentario, con el fin de obtener una superficie impermeable, no absorbente, lavable y resistente a agentes químicos de limpieza. El sistema será del tipo multicapa, con capa intermedia autonivelante y acabado antideslizante, alcanzando un espesor total de 1,5 mm.

Desagües y distribución de rejillas

Los desagües estarán equipados con bocas sifonadas de acero inoxidable, que permiten un cierre hidráulico efectivo y facilitan las tareas de mantenimiento e higiene.

La disposición de rejillas y bocas de desagüe definida en esta sección responde a los cálculos hidráulicos presentados en el capítulo IX, en los cuales se estableció la necesidad de instalar seis puntos de drenaje en función de la superficie de la nave y la densidad requerida. De esta manera, se asegura la coherencia entre el diseño constructivo y los requerimientos de evacuación de líquidos propios de una planta elaboradora de alimentos.

Se definió la instalación de seis rejillas de acero inoxidable de 12 × 12 cm, distribuidas uniformemente de acuerdo con el diseño de pendientes del piso y el layout de la planta. La densidad de colocación corresponde a un punto de desagüe cada 45 m², en total 6 rejillas, lo que asegura un drenaje efectivo en las áreas húmedas. Están diseñadas para soportar limpieza frecuente con agentes químicos, y su construcción en acero inoxidable garantiza resistencia a la corrosión y durabilidad.

$$Cantidad\ de\ rejillas = \frac{260\ m^2}{45\ m^2} = 6\ rejillas$$

Techo y cielorraso

Se prevé, elevar el techo 3 m, en su punto más alto 7 m con respecto al suelo, se hará en chapa sinusoidal N° 25.

A efectos de prevenir condensaciones, desprendimientos de partículas y acumulación de suciedad, y de facilitar las tareas de limpieza y mantenimiento, se instalará un cielorraso sanitario continuo apto para industria alimentaria. Se resuelve con cielorraso modular sanitario de PVC de baja masa con perfiles ocultos, material impermeable, no absorbente y resistente a los agentes de limpieza empleados en la planta. El sistema incorporará barrera de vapor y tratamiento antihumedad en su cara superior para mitigar la formación de condensados, y dispondrá de registros o módulos removibles a razón de aproximadamente 12 m² por acceso, permitiendo la inspección de las instalaciones superiores.

Los encuentros perimetrales, pasatubos y penetraciones de servicios se resolverán mediante encamisados y sellados elásticos sanitarios que aseguren la estanqueidad y la facilidad de higienización.

Zócalo

En relación con los zócalos perimetrales, se colocarán perfiles de PVC sanitario curvo, que ofrecen una transición redondeada entre piso y pared, evitando la formación de ángulos rectos donde podría acumularse suciedad. El perímetro total de la nave es de 66 metros lineales, lo que requiere la instalación de 22 zócalos de 3 metros cada uno. Esta medida se enmarca en la normativa sanitaria vigente, ya que contribuye a mejorar la higiene estructural y a reducir los tiempos de limpieza.

$$Cantidad\ de\ zócalos = \frac{66\ m}{3\ m} = 22\ zócalos$$

Iluminación

La iluminación de la planta se proyecta bajo criterios de eficiencia energética y cumplimiento normativo. Se seleccionó iluminación led Damp Proof Led de 36 W, con difusor acrílico protegido contra rotura, aptas para ambientes de elaboración de alimentos. De acuerdo con la norma IRAM 11603 se exige un nivel mínimo de 300 lux en zonas de proceso.

La distribución de la luminaria se muestra en el plano correspondiente a la instalación eléctrica, considerando sombras en pasillos.

Aberturas

De acuerdo con el layout, se especifican las aberturas por sector con criterios de BPM. Todas las puertas destinadas a áreas de proceso serán lisas, no absorbentes y lavables, con marco y herrajes en acero inoxidable, cierre automático mediante cierrapuertas, burletes perimetrales continuos y sello inferior, sin umbrales sobresalientes. Las aberturas exteriores incorporarán barreras contra plagas y pérdidas de climatización conforme al nivel de exposición.

El ingreso de personal desde el filtro sanitario se resuelve con una puerta de doble hoja metálica con herrajes íntegramente en acero inoxidable. La puerta contará con barra antipánico y cilindro de control de acceso por el lado exterior, cierrapuertas para autocierre, burletes y sello inferior continuo.

En el paso entre el área de proceso y la zona de almacenamiento, se construye una escalera con 6 escalones de 17 cm. Se coloca una puerta

de doble hoja con barras antipánico CISA. Su apertura será del orden de 2,50 m de ancho por 2,70 m de alto.

El portón de ingreso de material desde la playa de carga se especifica cómo portón corredizo metálico con juntas de estanqueidad perimetrales. Cona un claro útil de 4,00 m de ancho por 3,20 m de alto.

Playa de carga y descarga

En el sector exterior inmediato a la nave, semicubierto, se construirá una playa de carga y descarga de 20 × 6 m (120 m²), dimensionada para el tránsito y maniobra de utilitarios y autoelevadores de hasta aproximadamente cinco toneladas, así como para el apoyo de equipo de lavado y cámara frigorífica. La ejecución de una subbase granular de grava de 150 mm de espesor y la construcción de una losa de hormigón de 150 mm de espesor, reforzada con malla SIMA ubicada a un tercio superior del espesor mediante separadores. Las juntas se dispondrán modulando paños de hasta 4,0 × 4,0 m, con sellado flexible para garantizar durabilidad y mantenimiento sanitario; en bordes de acceso y cambios de rigidez se colocarán pasadores lisos de Ø 16 mm a 300 mm de separación para asegurar la transferencia de cargas.

Se adoptará una pendiente superficial del orden del 1,5 % dirigida hacia canaletas o cordones laterales, con drenaje lineal provisto de reja galvanizada y descarga al sistema pluvial. El acabado del hormigón será fratasado con incorporación de endurecedor superficial mineral, pudiendo ejecutarse texturado fino para mejorar el coeficiente de fricción en condiciones húmedas.

Construcciones nuevas

Se proyecta y ejecuta a nuevo una nave secundaria destinada a núcleos sanitarios y vestuarios, área de descanso y oficinas, concebida como volumen independiente y separada de la nave principal mediante un pasillo de circulación, a fin de garantizar la debida independencia funcional, higiénico-sanitaria y de flujos. Asimismo, se incorpora la construcción de un galpón de almacenamiento, previsto para el resguardo y la manipulación de pallets, como soporte a la logística de cargas y descargas.

Sanitario y vestuarios

El bloque de sanitarios y vestuarios se proyecta como una construcción nueva, independiente de la nave de proceso y concebida específicamente para cumplir con los requerimientos higiénico-sanitarios de una planta elaboradora de alimentos. Su diseño responde a las disposiciones del Código Alimentario Argentino (CAA) y de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley 19.587, Decreto 351/79), que establecen la necesidad de instalaciones separadas de las áreas productivas, con capacidad adecuada a la dotación de personal y condiciones de accesibilidad universal.

La edificación se ejecutará en mampostería tradicional, con revestimiento cerámico en las superficies húmedas para asegurar durabilidad y facilidad de limpieza. Se prevé la instalación de dos inodoros con depósito, dos lavatorios de porcelana, junto con un sector de vestuarios equipado con lockers metálicos individuales que permitan la separación entre ropa de calle y de trabajo, reduciendo así el riesgo de contaminación cruzada. La dotación de artefactos fue dimensionada en

función del número máximo de operarios previstos por turno y de los lineamientos de BPM, garantizando un uso confortable y seguro para todo el personal. Con este enfoque, se asegura tanto el cumplimiento normativo como la optimización de la circulación en los momentos críticos de ingreso, egreso y cambio de indumentaria.

Cálculo del espacio y distribución

El cálculo de superficies se realizó siguiendo criterios de ingeniería sanitaria. Cada cabina de inodoro ocupa aproximadamente 1,5 m² (1,0 × 1,5 m) y cada lavatorio con su circulación inmediata alrededor de 1,0 m². A esto se suma el área de vestuario considerando un área adicional para accesibilidad y circulaciones. Con estas consideraciones, la superficie total estimada es 35 m² para asegurar cumplimiento normativo y flexibilidad futura. Por lo tanto, se determina que la configuracion sera un rectángulo de 7 x 5 m, que permite la división más clara de sanitarios y vestuarios por sexo. La altura del recinto será de 5,0 m.

Las puertas de los sanitarios y vestuarios del personal serán de HPL, con cerradura de privacidad y apertura hacia el exterior de cada cabina. La dimensión es de 0,80 m de ancho por 2,10 m de alto y las superficies deberán soportar agentes de limpieza habituales sin decoloración ni pérdida de integridad.

Filtro sanitario

En un recinto separado de los sanitarios se contará con lavamanos de acero inoxidable con accionamiento a rodilla. De esta manera, se cumple con la exigencia del CAA de disponer de lavamanos con sistemas de accionamiento no manual, lo que contribuye a reforzar las medidas de higiene personal y evitar la contaminación cruzada.

Área de descanso

Se proyecta un único recinto diáfano de 15 m², adosado en continuidad al bloque sanitario para optimizar acometidas eléctricas e hidráulicas. La envolvente se resuelve en mampostería tradicional con revoques finos y pintura de interior; el piso se especifica con porcelanato antideslizante y pendientes suaves hacia desagüe próximo. Se prevé cielorraso de placa de yeso con aislación liviana para control acústico y térmico.

El sector incorpora una mesada de acero inoxidable de 1,80 m con bacha y grifería monocomando, conexión a desagüe cloacal y ventilación adecuada; equipamiento básico: heladera bajo mesada, cocina, microondas y un juego de mesa con seis sillas.

Las aberturas incluyen una puerta HPL (0,90 × 2,10 m.) con burletes y una ventana de aluminio para ventilación e iluminación natural.

Oficinas

Se proyecta un ambiente de 15 m² (3 × 5 m), concebido para uso administrativo y control operativo de la planta, con capacidad para dos personas. La construcción se ejecutará en mampostería tradicional con revoques finos y terminación en pintura de interior. El piso se resolverá en porcelanato, mientras que el cielorraso será de placas de yeso. Se incorporará una ventana de aluminio corrediza para iluminación natural y ventilación, así como una puerta.

El equipamiento previsto incluye dos escritorios con dos sillas ergonómicas, estantería metálica para archivo y una luminaria LED estanca tipo panel.

El sistema eléctrico contempla tomas múltiples para equipos de oficina (computadora, impresora, router) y un aire acondicionado tipo split frío-calor de 2250 frigorías, garantizando condiciones de confort laboral.

Las aberturas incluyen una puerta HPL (0,90 × 2,10 m.) con burletes y una ventana de aluminio para ventilación e iluminación natural.

Corredor

Entre la nave principal de elaboración y el bloque que integra vestuarios, sanitarios, área de descanso y oficinas se dispone un pasillo técnico de circulación de 1,50 m de ancho. Este corredor actúa como franja de servicio y supervisión, permitiendo el control visual de la producción sin interferir con las condiciones higiénicas del área de proceso.

El corredor se sectoriza en dos zonas, inmediatamente a la salida del bloque de baños se coloca una puerta sanitaria que divide el pasillo entre la zona de servicios húmedos y el resto del edificio secundario (área de descanso y oficinas). En la zona de aseo del personal, el pavimento replica el sistema epoxi alimentario antideslizante especificado para la nave y zócalo sanitario curvo en todo su perímetro.

La puerta que separa las áreas es de hoja batiente simple, con marco y herrajes de acero inoxidable, hoja en FRP sanitario, cierrapuertas para autocierre. La luz libre de paso será de 1,20 × 2,10 m.

Sobre el tabique que separa el pasillo de la nave se instalan paños fijos de observación, enrasados por ambas caras, ejecutados con doble vidriado hermético y de cara hacia el proceso en vidrio templado laminado. Los marcos serán sanitarios de acero inoxidable o aluminio con

rotura de puente térmico y sellado perimetral continuo. Con dimensiones nominales de 1,5 m × 1,5 m.

Depósito

Se propone la edificación de un galpón destinado al almacenamiento de producto terminado y al resguardo de los cilindros de CO_2 de respaldo. El galpón tendrá una superficie de 40 m² (5,0 × 8,0 m), con una altura de 5,0 m, suficiente para alojar la producción estimada de la planta y permitir la circulación de un autoelevador y áreas de estiba diferenciadas. Considerando una producción total de 2,2 toneladas de polvo de *Aloe vera*, envasadas en bolsas de 25 kg, se generan 88 bolsas por lote. Estas se disponen en pallets estándar de hasta 40 bolsas (1.000 kg/pallet), lo que equivale a un requerimiento de 3 pallets por lote productivo. Para garantizar rotación de stock, segregación por control de calidad y un margen de seguridad, se prevé espacio mayor. De este modo, la superficie proyectada resulta adecuada para almacenamiento ordenado y seguro del producto final, junto con un sector ventilado y señalizado para los cilindros de CO_2 de respaldo, con anclajes de seguridad y barreras físicas que evitan vuelcos.

El sistema constructivo contempla estructura metálica, cerramiento de chapa galvanizada trapezoidal y cubierta con aislación termoacústica; piso de hormigón armado alisado de 12 cm con resistencia a cargas puntuales y malla SIMA.

El galpón se encuentra elevado 1,20 m respecto de la nave principal, a fin de facilitar la carga de pallets en camiones.

Dispone de dos portones, uno de doble hoja de 4,0 m orientado hacia la playa de carga, y otro corredizo de 3,0 m en la pared contigua, provisto de una rampa para la movilización del autoelevador.

Costos

Mano de obra

El análisis de los costos de mano de obra se realizó considerando los valores de referencia por metro cuadrado publicados por Sismat (3), donde enuncia que la mano de obra tiene un costo de $636.569/m² (USD 450). Sobre esta base se estimaron las partidas por rubro, discriminando las tareas de remodelación en la nave principal respecto de las de construcción a nueva (nave secundaria y galpón de almacenamiento).

La ejecución de las obras proyectadas requiere la participación de profesionales matriculados, en concordancia con la normativa vigente en la Provincia de Entre Ríos y con los requisitos municipales para la aprobación de planos y permisos de construcción. El diseño y distribución de espacios de servicios (sanitarios, vestuarios, área de descanso y oficinas) corresponde a la incumbencia del arquitecto, quien garantiza la adecuación funcional, higiénico–sanitaria y ergonómica de las instalaciones. Por su parte, el cálculo y verificación estructural del galpón metálico y de las plateas de hormigón armado demandan la intervención de un ingeniero civil, responsable de la seguridad resistente y la estabilidad de la obra. Asimismo, se contempla la dirección técnica de obra y el control de seguridad e higiene laboral a lo largo del proceso constructivo. En función de los aranceles de referencia del Colegio de Arquitectos de Entre Ríos (CAPER) y del Colegio de Ingenieros Civiles (4), los honorarios profesionales se estiman en un 8 % del valor de la obra civil directa, excluyendo el equipamiento móvil, lo que asegura un respaldo técnico integral y la conformidad con los organismos de habilitación sanitaria y municipal.

Materiales

El costo total de materiales para la remodelación de la nave principal es de USD $17600, para la construcción de sanitarios y vestuarios USD $5000 y el pasillo USD $2240.

La nave secundaria tendrá un costo de USD $1500 para el área de descanso, oficinas USD $940, galpón USD $5000.

La playa de carga y descarga costará USD $2230.

Bibliografía

(1) Código Alimentario Argentino, Cap. II – Condiciones generales de fábricas de alimentos (CAA, 2025).

(2) MAGyP – ANMAT. Guía de Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP (2023).

(3) Sismat. (2025, septiembre 9). *Costos de la construcción en Argentina* [Valores estimativos por m²; última actualización]. Recuperado el 9 de octubre de 2025, de https://www.sismat.com.ar/

(4) Colegio de Arquitectos de Entre Ríos. Informe Costo m² – abril 2025.

PARTE III

Organización industrial

CAPÍTULO XII

Estructura jurídica

Índice

Introducción **2**
Bibliografía **3**

Introducción

La empresa “AloVe” está constituída como una Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.), tipo societario que puede estar constituído por una o varias personas humanas o jurídicas, y cuya responsabilidad va a estar limitada a las acciones que suscriban o adquieran. (1)

Podrán constituirse por instrumento público o privado, siendo necesario en el último que la firma de los socios esté certificada por autoridad judicial, escribano público notarial, entidad bancaria o por autoridad competente del registro público respectivo.

La Sociedad por Acciones Simplificada permite constituir una sociedad de manera rápida y simple a menor costo, ya que permite realizar la inscripción en sólo 24 horas utilizando el Estatuto modelo, desde el día hábil siguiente al de la presentación de la documentación correspondiente en el Registro Público. Y puede estar firmado digitalmente.

Este tipo de sociedad es simple y tiene menor costo que otras formas societarias como las Sociedades Anónimas (SA) y las Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL). El capital mínimo requerido es de dos salarios mínimos vitales y móviles. Puede ser unipersonal y no requiere un número máximo de integrantes, es decir, no necesitás un socio para constituirla

Bibliografía

(1) Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP). (s. f.). *¿Qué son las Sociedades por Acciones Simplificadas – SAS?* Recuperado de https://www.afip.gob.ar/sas/caracteristicas/concepto.asp

CAPÍTULO XIII

Estructura organizativa

Índice

Introducción **2**
Misión **2**
Organigrama **3**
Gerente general o director general 3
Área de producción 4
Jefe de producción 4
Operarios 5
Área de calidad 6
Jefe de calidad 7
Área comercial 7
Jefes de ventas 7
Vendedor 8
Jefe de marketing 9
Asesoría externa 9
Abogado 9
Contador 10
Bibliografía **10**

Introducción

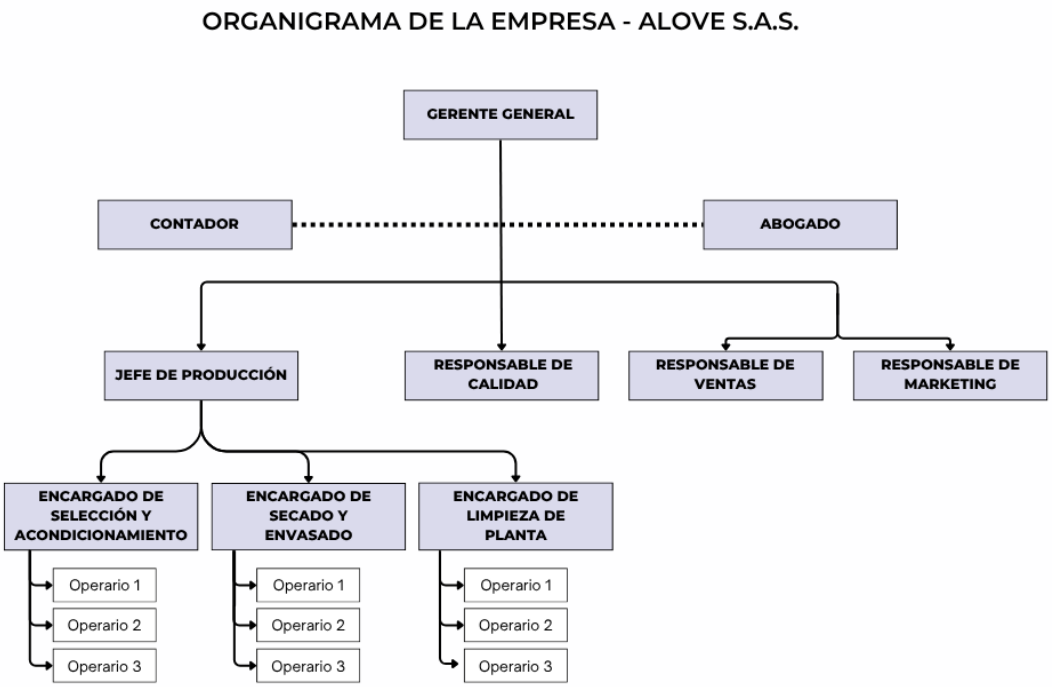
La organización de una empresa consiste en ordenar los recursos de los que dispone y establecer una serie de funciones que le permitirán a la misma llevar adelante su actividad comercial y cumplir con los objetivos propuestos. Para lograrlo se debe establecer un plan de organización, el cual siente las bases para el funcionamiento de la empresa y el resto de elementos asociados (control de riesgos, gestión de calidad, recursos humanos, entre otros).

El tipo de organización elegido refleja en gran medida la idea de negocio y las metas perseguidas por la empresa.

Misión

Nuestra misión es producir y comercializar polvo de *Aloe vera* de alta calidad, preservando sus compuestos bioactivos y propiedades funcionales mediante procesos tecnológicamente eficientes.

Buscamos ser un socio estratégico para las empresas del sector alimentario y de suplementos, ofreciéndoles un ingrediente versátil, seguro y transparente en su origen, que contribuya al desarrollo de productos saludables, naturales y con valor agregado para el bienestar del consumidor.



Gerente general o director general

Esta posición de dirección la ocupará el dueño de la empresa, quien adoptará las decisiones fundamentales en cuanto a dirección y administración de la misma para garantizar el cumplimiento de los objetivos de producción, calidad y seguridad. Tiene a su cargo a todo el personal de la industria.

Sus funciones son:

- Dirigir el funcionamiento de la empresa.
- Definir funciones y responsabilidades de todo el personal, controlar el cumplimiento de los mismos.

- Realizar la selección del personal de acuerdo con el perfil adoptado por la empresa.
- Fijar los precios de venta y los márgenes de beneficio.
- Planificar etapas de expansión de la empresa.
- Fijar la política de gastos.
- Aprobar compras no sujetas a trámites ordinarios.
- Resolver todas las cuestiones relacionadas con el personal, como nombramientos, renuncias, despidos, ascensos, sanciones disciplinarias y licencias.

Área de producción

Funciones del departamento de producción:

- Lograr la máxima producción en términos de rendimiento y capacidad de planta.
- Mejorar técnicas de producción.
- Resolver problemas relacionados con la producción: disponibilidad de materias prima, insumos, tiempos de proceso, especificaciones de productos, movimiento de mano de obra, etc.
- Controlar las condiciones de funcionamiento de los equipos de planta, de manera que estas sean óptimas.

Jefe de producción

El jefe de producción es el profesional encargado de supervisar y gestionar el proceso de fabricación en una empresa. Es responsable de coordinar las actividades diarias en la planta de producción, garantizar que los productos se fabriquen de manera

eficiente y cumplan con los estándares de calidad, y asegurar que se alcancen los objetivos de producción. El jefe de producción desempeña un papel clave en la optimización de los recursos y la mejora continua de los procesos. (3)

Sus funciones son:

- Elegir procesos productivos que permitan obtener el mejor rendimiento con la mejor calidad y al más bajo costo.
- Implementar las políticas de producción aprobadas por la gerencia.
- Planear el ritmo de producción de acuerdo con las órdenes y pedidos.
- Planear y coordinar las actividades de producción de la empresa, de manera de prever con debida anticipación todas las necesidades en cuanto a materia prima, materiales, máquinas, herramientas, instalaciones y operarios para permitir una producción continua y de esta manera no disminuir las ventas y los beneficios de la empresa.
- Controlar la producción de acuerdo a los planes de ejecución y procedimientos técnicos propuestos.
- Entrenar el personal a su cargo.

Operarios

El operador de planta desempeña un papel fundamental en el control de los procesos, seguridad y mantenimiento de instalaciones. Su trabajo garantiza la eficiencia operativa, permitiendo que los sistemas de producción funcionen de manera segura y óptima.

Sus funciones son:

- Supervisión y monitoreo de equipos. Control de indicadores de presión, temperatura y flujo de materia.
- Mantenimiento preventivo de equipos para evitar fallas operativas.
- Verificación de que los productos cumplan con las normas de calidad establecidas.
- Aplicación de procedimientos de seguridad y medidas preventivas en la planta.
- Capacidad de reacción ante fallos en el proceso de producción.

Área de calidad

Funciones del departamento de calidad:

- Elaborar y ejecutar planes para controlar la calidad de los productos durante su elaboración.
- Controlar la calidad de las materias primas y productos elaborados.
- Controlar la calidad de los diferentes insumos.
- Trabajar en forma conjunta con la gerencia de producción para dar solución a problemas concretos.
- Determinar la vida útil de los productos.
- Implementar normas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria (BPM, POES, HACCP, MIP, etc)
- Diseñar e implementar planes de seguridad, higiene y ambiente en el trabajo.
- Diseñar, implementar y mantener operaciones de tratamiento de efluentes.

Responsable de calidad

El jefe de control de calidad es el encargado de liderar y supervisar el departamento de calidad de una empresa. Su objetivo principal es asegurar que todos los productos, servicios y procesos cumplan con los estándares internos y externos, manteniendo la competitividad y la satisfacción del cliente. (4)

Área comercial

El área de comercialización está integrada por personas encargadas de las ventas y del marketing de la empresa. Sus funciones son:

- Realizar las compras de la empresa.
- Pedir presupuestos para obtener los precios más bajos del mercado.
- Realizar estudios de mercado de manera continua para potenciar las ventas.
- Realizar planes y estrategias de ventas.
- Planificar campañas publicitarias para promocionar los productos.
- Proponer y ejecutar servicios de atención al cliente.
- Realizar controles de stock de los productos a la venta.

Responsable de ventas

Su función incluye un conjunto amplio de actividades que le permiten lograr determinados objetivos como captar nuevos clientes, retener a los actuales, mejorar la participación en el mercado, entre muchos otros. Se encarga de establecer un nexo entre el cliente y la empresa; contribuye en la resolución de problemas o conflictos;

administra adecuadamente su zona de ventas; y se integra a las diferentes actividades de marketing que lleva adelante la empresa que representa.

Sus funciones son:

- Analizar el mercado para intentar conocer el comportamiento a corto/medio plazo de los números. Así se puede anticipar a un aumento o descenso en las ventas y que la empresa esté preparada para ello.
- Diseño de estrategias de ventas junto con el departamento de marketing.
- Atender y analizar las opiniones de los clientes para encontrar indicadores que le permitan mejorar el posicionamiento del producto frente a los consumidores.

Responsable de marketing

Un jefe de marketing o director de marketing, es una persona encargada de supervisar y gestionar las actividades de marketing de una empresa. Su función principal es desarrollar y ejecutar estrategias de marketing efectivas para aumentar la visibilidad de la empresa, impulsar las ventas y mejorar la imagen de marca de la empresa.

Asesoría externa

Integrado por personal tercerizado para ayudar en cuestiones contables, legales, entre otras que son requeridas para el normal funcionamiento de la organización.

Abogado

Un abogado corporativo es un elemento clave para un adecuado desarrollo de la empresa en la que forma parte, por lo tanto, su función principal es proteger el patrimonio de ésta y realizar el trabajo de asesoramiento sobre su constitución, orientar sobre el tema de contratos con clientes y proveedores e incluso la relación laboral que mantienen con sus empleados. (5)

Contador

Referente para la toma de decisiones de negocios, ya que prepara y administra sistemas tributarios e impuestos, realiza auditorías, examina la precisión de los registros económicos y produce informes financieros para individuos y empresas.

También realiza un seguimiento de las ganancias y pérdidas de una empresa, y se asegura de que sus clientes cumplan con las leyes y regulaciones fiscales concernientes. (6)

Bibliografía

(1) Pérez, A. (2021, 29 de marzo). *Organización empresarial: características, objetivos y tipos de organización*. OBS Business School. https://www.obsbusiness.school/blog/organizacion-empresarial-caracteristicas-objetivos-y-tipos-de-organizacion

(2) Adecco. (2025). *Operador de planta: funciones, responsabilidades y su impacto en la industria*. https://www.adecco.es/insights/orientacion-laboral/operador-de-planta

(3) Avansel. (2024, 11 de octubre). Jefe de Producción: qué es, funciones, competencias. https://www.avanselseleccion.es/academy/descripcion-de-puestos/jefe-de-produccion/

(4) Avansel. (2025, 18 de marzo). Jefe de control de calidad: qué es, funciones, competencias. https://www.avanselseleccion.es/academy/descripcion-de-puestos/jefe-de-control-de-calidad/

(5) Universidad Anáhuac Mayab. (3 de junio de 2022). *¿Qué hace un abogado corporativo?: Principales funciones*. https://merida.anahuac.mx/posgrado/blog/que-hace-un-abogado-corporativo-principales-funciones

(6) Universidad ORT Uruguay. (2025). *Qué hace un Contador y por qué es tan importante en la era de los datos*. Facultad de Administración y Ciencias Sociales.

https://facs.ort.edu.uy/blog/que-hace-un-contador-y-por-que-es-tan-importante-en-la-era-de-los-datos

(7) ESIC Business & Marketing School. (enero de 2023). *Jefe de ventas: funciones y responsabilidades*. Recuperado de https://www.esic.edu/rethink/comercial-y-ventas/jefe-de-ventas-funciones-y-responsabilidades-c

(8) Avansel. (2024, 24 de julio). Responsable de marketing: Qué es, funciones, competencias. https://www.avanselseleccion.es/academy/descripcion-de-puestos/responsable-de-marketing/

CAPÍTULO XIV

Personal

Índice

Personal **2**
- Gerente general o director general 2
- Jefe de producción 2
- Operarios 2
- Jefe de calidad 3
- Jefe de ventas 3
- Jefe de marketing 4
- Abogado 4
- Contador 4
- Maestranza 5

Personal

Es todo el grupo de individuos que se encuentra dentro de la plantilla de la empresa ejerciendo cualquier tipo de funciones. Es decir, es el capital humano que posee la empresa o que se encuentre en reclutamiento, conformando el ambiente laboral.

Gerente general o director general

La empresa tendrá como figura principal al Gerente General de la planta, cargo que se ocupará de dirigir toda la empresa y será llevado adelante por el mismo dueño de la empresa.

Jefe de producción

El cargo estará ocupado por un Ingeniero en Alimentos, del cual dependerá la dirección del mantenimiento, la producción y de los operarios de planta a su cargo.

Su jornada será full time (entre 35 y 48 horas semanales) lo cual implica que en determinadas circunstancias deberá trabajar más de 8 Hs (40 horas semanales). Ingresará a mitad de cada turno para supervisar los tres turnos a lo largo de la semana, manteniendo 8 h/día, 6 días/semana.

Operarios

Para ocupar este cargo se necesitará de un total de nueve personas que demuestren buenas habilidades de trabajo en equipo. Todos los operarios serán capacitados en el manejo de equipos y normas de seguridad, y se valorará toda experiencia en industrias similares y

conocimientos de BPM. Se buscará contar con al menos tres operarios (uno por turno) con conocimiento en mantenimiento industrial para ejercer como encargado de mantenimiento frente a situaciones de necesidad.

Rendirán cuentas al Jefe de Producción. Cada operario será asignado durante su turno a la realización de una tarea específica: un operario para llevar adelante la selección y acondicionamiento de la materia prima previo al secado; un operario asignado al control del proceso de secado y el posterior envasado del producto en polvo; y otro encargado de las tareas de limpieza y desinfección de todos los sectores dentro de la planta.

El esquema de turnos se organiza en tres franjas horarias: turno mañana (M) de 07:00 a 15:00 con un descanso de 30 minutos entre las 11:00 y las 11:30; turno tarde (T) de 15:00 a 23:00 con un descanso de 30 minutos de 19:00 a 19:30; y turno noche (N) de 23:00 a 07:00 con un descanso de 30 minutos entre las 03:00 y las 03:30. La dotación total es de nueve operarios, distribuidos en tres cuadrillas (A, B y C) de tres personas cada una. El régimen de trabajo es de seis días consecutivos con un día de descanso (6×1). Para asegurar el cumplimiento del descanso mínimo de 12 horas entre jornadas, la rotación de turnos no se realiza diariamente, sino de forma semanal.

Responsable de calidad

El cargo será ocupado por un Ingeniero o Técnico en Alimentos quien llevará adelante el sistema de gestión de calidad dentro de la planta asegurando un producto que cumpla con los estándares de calidad buscados y pueda certificarse.

Su jornada será full time lo cual implica que en determinadas circunstancias deberá trabajar más de 8 Hs. Ingresará a mitad de cada turno para supervisar los tres turnos a lo largo de la semana, manteniendo 8 h/día, 6 días/semana.

Responsable de ventas

Este cargo será ocupado por un Lic. en Ventas y Comercialización/ Lic. en Marketing o carrera afín; con experiencia en compras y ventas.

Su jornada de trabajo será de 8 horas, trabajando de corrido de 7 hs. hasta las 15 hs.

Responsable de marketing

Este cargo será ocupado por un Lic. en Marketing o carrera afín, quien será el responsable de desarrollar y ejecutar la estrategia de marketing de la empresa para aumentar su visibilidad, las ventas y la lealtad del cliente. Este profesional lidera el equipo de marketing, gestiona el presupuesto y la publicidad, analiza el mercado y supervisa campañas para lograr los objetivos de la compañía.

Abogado

Este cargo será ocupado por una persona con título habilitante de Abogado para encargarse de gestionar todo lo que incumbe al derecho comercial, laboral, tributario y administrativo dentro de la empresa.

Su jornada laboral será la establecida por la empresa principal a la cual se le contrata este servicio.

Contador

Este cargo será ocupado por una persona con título habilitante de Contador Público quien se encargará de gestionar los registros financieros, elaborar los estados financieros, calcular impuestos y asegurar el cumplimiento de las normativas, además de firmar y certificar los balances y estados contables que son requeridos por ley.

Su jornada laboral será la establecida por la empresa principal a la cual se le contrata este servicio.

PARTE IV

Aspectos económicos-financieros

CAPÍTULO 15

Inversiones y análisis de costos

Índice

Introducción **2**
Costos de inversión **2**
Activos fijos 3
Obra civil 3
Equipos 6
Activos diferidos 9
Dirección de obras 9
Mano de obra de construcción 9
Instalación de equipos y de servicios auxiliares 10
Activos circulantes 10
Inversión inicial 11
Financiación de la inversión inicial 12
Costos Operativos **14**
Costos fijos 15
Mano de obra directa 15
Mano de obra indirecta 15
Costos Administrativos 15
Costos de Comercialización 16
Costos bancarios 17
Costos de Amortizaciones y depreciaciones 17
Costo de fabricación 18
Materia prima, insumos y gestión de residuos 18
Modelo Financiero **19**
Cálculo de la Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto y el Período de Recupero de Inversión. **21**
Análisis de rentabilidad **23**

Introducción

Primeramente se analizan los costos de inversión necesarios para poder construir desde cero la industria planteada en este proyecto, para ello se presentarán los costos de cada elemento a utilizar y la justificación de dicha elección. Luego se realiza un análisis de los costos operativos que intervienen en el proceso de elaboración.

Costos de inversión

Los costos de inversión, corresponden a aquellos en los que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento.

Esos costos de inversión pueden agruparse en tres grandes categorías: activo fijo, activo diferido y capital de trabajo.

- Activo fijo: las inversiones en activos fijos son aquellas que se realizan sobre bienes tangibles de naturaleza permanente, tienen un costo nominal y poseen un carácter operativo para la empresa, ya que se utilizarán en el proceso de transformación de las materias primas o servirán de apoyo para la operación normal del proyecto. Para efectos contables, los activos fijos, excepto los terrenos, están sujetos a depreciación.
- Activo diferido: los activos diferidos o intangibles constituyen derechos exclusivos que la empresa utilizará sin restricciones para su funcionamiento o actividades productivas. Dentro de los mismos se encuentran el estudio técnico, gastos de dirección de la obra civil, puesta en marcha y gastos de capacitación, los cuales son necesarios para el desarrollo del proyecto. Los activos intangibles se amortizan.
- Capital de trabajo: la inversión en capital de trabajo es el monto de recursos económicos necesarios para iniciar las fases de producción y

venta del producto por parte de la empresa hasta el momento en que sea capaz de generar los ingresos suficientes para cubrir el total de sus costos y gastos. A las inversiones en capital de trabajo, también se las llama: activo circulante.

Activos fijos

Se analizarán los gastos relacionados a la obra civil de toda la industria, maquinarias y equipos, servicios auxiliares, muebles, y compra y gestión de terreno.

Obra civil

Se presentan todos los gastos que comprenden la mano de obra y los materiales tanto para la remodelación como para las nuevas construcciones.

Tabla 1. Costos de remodelación de la nave principal.

Remodelación de la nave principal (20 m x 13 m x 7 m)			
Ítem	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	260	m²	116227
Zócalo sanitario PVC 3m	22	Unidad	220
Bacha doble	2	Unidad	1029
Rejilla inox 12x12	6	Unidad	61
Rejilla inox 12x12 exterior	6	Unidad	61
Señalética BPM	1	Unidad	56
Insectocaptor UV adhesivo	2	Unidad	165
Portacebos roedores	8	Unidad	140
Pintura epoxi pisos (8m ^{2}/L) 2 manos	66	L	927
Pintura epoxi techo (8m ^{2}/L) 2 manos	66	L	927
Pintura epoxi paredes (8m ^{2}/L) hasta 2,5 m. 2 manos	33	L	463
Pintura interiores	33	L	97
Sobrelosado (hormigón)	260	m²	2739
Sobrelosado (malla Sima Q188)	260	m²	1515

Cielorraso sanitario PVC	260	m²	2739
Puerta doble hoja barras antipánico CISA	2	Unidades	1685
Portón corredizo 4m	2	Unidades	1545
Luces	12	Unidades	421
Subida de techo	66	m²	2317
Cañería PVC (110 mm)	50	Unidades	100
Sifones tipo P	6	Unidades	42
Trampa sólidos c/cesta	6	Unidades	84
Cámara inspección efl	2	Unidades	40
Canaleta techo	4	Unidades	16
Bajada vertical	4	Unidades	24
Separadores de hojas	8	Unidades	72
Rejillas anti aves	8	Unidades	40

Tabla 2. Costos de construcción de sanitarios y vestuarios.

Construcción sanitarios y vestuarios (7 m x 5 m x 5m)			
Ítem	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	35	m²	15646
Obra civil (materiales)	54	m²	1972
Inodoro	4	Unidad	244
Lavatorio porcelana	4	Unidad	169
Grifería monocomando	2	Unidad	42
Puertas HPL (baños y sanitarios)	6	Unidades	1685
Lockers metálicos	4	Unidad	1826
Bancos metálicos	2	Unidad	119
Lavamanos accionado con rodilla	2	Unidad	906

Tabla 3. Costos de construcción de área de descanso.

Construcción área de descanso (5m x 3m x 5m)			
ítem	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	15	m²	6705

Obra civil (materiales)	15	m²	527
Mampostería + revoques	20	ml	386
Piso porcelanato	23.4	m²	329
Mesada inox + bacha	1	set	492
Grifería monocomando	1	unidad	63
Puerta HPL	1	Unidades	281

Tabla 4. Costos de construcción de oficinas.

Construcción oficinas (5 m x 3 m x 5 m)			
Rubro	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	15	m²	6705
Obra civil (materiales)	15	m²	527
Mampostería + revoques	14	ml	270
Piso porcelanato	12	m²	169
Puerta madera	1	un	110
Ventana aluminio	1	un	110
Puerta HPL	1	unidades	281

Tabla 5. Costos de construcción de galpón de depósito.

Construcción galpón de depósito (8 m x 5 m x 5 m)			
Ítem	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	40	m²	17881
Obra civil (materiales)	40	m²	1404
Estructura metálica (perfiles)	1	-	1096
Cerramiento chapa galvanizada	110	m²	1808
Cubierta chapa + aislación	40	m²	730
Portón metálico corredizo (4,0 × 2,5 m)	1	unidades	639
Ventilaciones metálicas	2	unidades	110
Instalación eléctrica (luminarias, tomas, tablero)	1	unidades	365
Luminarias LED industriales	3	unidades	164
Sector CO_2 (barreras + anclajes)	6	unidades	25
Señalización y seguridad	1	unidades	91

Tabla 6. Costos de construcción de playa de carga y descarga.

Construcción playa de carga y descarga (20 m x 6 m)			
Ítem	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	120	m²	53643
Obra civil (materiales)	120	m²	4213
Losa de hormigón 150 mm	120	m2	1011
Malla SIMA	120	m2	699
Endurecedor	120	m2	514

Tabla 7. Costos de construcción de pasillo.

Construcción pasillo (13 m x 1,5 m x 5m)			
Rubro	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio total (USD)**
Mano de obra	19.5	m²	8717
Obra civil (materiales)	19.5	m²	685
Puertas barra antipánico (entrada y medio)	2	unidades	1685
Paños fijos de observación a planta (1,5 m x 1,5m)	2	unidades	506
Pintura interiores	16	L	47

Equipos

En la búsqueda de equipos se prioriza la relación precio, tamaño y utilidad; buscando adquirir solo los necesarios para poner en marcha la empresa.

Se presentan en la siguiente tabla los equipos a utilizar:

Tabla 8. Lista de equipos pertenecientes al proceso principal, cantidades y precios.

Equipos de proceso	Cantidad	TOTAL (USD)
Cajones IFCO	500	500
Balanza	1	1500
Bacha lavado	1	4950
Mesada	1	660
Carros de transporte	2	450
Peladora	1	9000
Túnel de enjuague	1	5250

Homogeneizadora	1	9300
Balde de acero inox	2	516
Tanque pulmón gel	1	2100
Accesorios TPG	1	1988
Bomba Moyno	1	6000
Cañería de distribución aéreas	1	63
Juego de válvulas	3	2385
Secador	3	267750
Tolva polvo	3	737
Frasco rosca tolva	3	548
Molino	1	18000
Tanque pulmón polvo	1	4500
Envasadora y selladora	1	30000
Bins de madera recubierto con nylon tipo compost	4	140

Tabla 9. Lista de equipos auxiliares al proceso principal, cantidades y precios.

Equipos auxiliares	Cantidad	Total (USD)
Pallets (1.2x 1 x 0.013 m)	4	29
Montacargas	1	1198
Cámara frigorífica	1	11306
Estantería con rieles	3	12219
Carretilla hidraulica elevadora	1	702
Chipeadora corteza	1	302

Tabla 10. Lista de materiales, equipos y elementos por áreas, cantidades y precios.

Ítems	Cantidad	Total (USD)
Agua		
CIP	2	5991
Manguera limpieza	2	93
Bomba sumergible 3 HP	1	87
Tanque agua 50 m3	1	396

Cañería metálica	5	4710
Cañería PEAD 25 mm (rollo 50 m)	1	70
Cañería PEAD 40 mm (rollo 100 m)	1	76
Análisis microbiológico		
Estufa cultivo	1	913
Luminómetro	1	983
Aire comprimido		
Compresor 8 bar	1	125
Acondicionamiento de aire		
Split inverter 9000 frig	4	9130
Split inverter 2250 frig	1	600
Sistemas contra incendios		
Matafuegos tipo ABC 10 kg	4	340
Matafuegos tipo CO2 5 kg	2	472
Gestión de residuos		
Chipeadora	1	593
Recipiente macerado 50 kg	1	32
Fosa ecualizadora 2 m3	1	604
Fosa carbón activado 2 m3	1	604
Canasto filtrante	1	190
Carbón activado	320	352
Ventilación		
Forzadores techo 3500 m3/h	2	105
Ducto acero galv. d:160 mm	21	82
Colector d:250 mm	1	52
Ventilador centrífugo acero (c y r)	1	52
Instalación eléctrica		
Cables	1	3652
Tableros	8	843
Llave térmica	1	3673
Nave principal	19	827
Baños y vestuarios	6	14
Oficinas	3	56

Área de descanso	2	38
Pasillo	4	9
Playa de carga y descarga	21	339
Oficinas		
Impresora	1	176
Computadora	2	1404
Escritorio	2	646
Sillas ergonómicas	2	438
Silla tapizada	2	242
Estantería metálica	1	91
Área de descanso		
Cocina	1	267
Heladera	1	351
Microondas	1	105
Juego mesa y 8 sillas	1	225
Registro de marca		
Registro único	1	49

Activos diferidos

Dirección de obras

La inversión referida a la dirección de obras civiles se estima un 8% de la totalidad del costo de la obra civil. El responsable a cargo podrá ser un Ingeniero civil, Arquitecto o Maestro mayor de obras.

Mano de obra de construcción

Se refiere a la inversión debida a la mano de obra necesaria para llevar a cabo la construcción propuesta. Se estima un 33% de la totalidad del costo de la obra civil.

Instalación de equipos y de servicios auxiliares

Se contemplan los costos de mano de obra relacionados con las instalaciones eléctricas, de cañerías, tanque y de equipos en general. Se considera un 4% de los equipos e instalaciones auxiliares.

Imprevistos

Se considera un monto equivalente al 0,5% de las inversiones en activo fijo para cubrir eventuales sucesos.

Tabla 11. Activos diferidos.

Activos diferidos	Porcentaje	Costo en dólares
Dirección De Obra Civil	8%	$20,219.47
Mano De Obra Construcción	33%	$225,526.03
Imprevistos	0.5%	$2,095
Instalación	4%	$16,757
	TOTAL	$264,597.66

Activos circulantes

El capital de trabajo, o activo circulante, está representado por el capital adicional (distinto de la inversión en activo fijo y diferido) con el que hay que contar para que pueda comenzar a producir la empresa antes de que haya generado ingresos, es decir, que es necesario financiar la primera producción.

Las inversiones en capital de trabajo están integradas por los siguientes costos:

- Materia prima
- Insumos
- Mano de obra
- Servicios auxiliares

Para el presente proyecto se considerará una inversión en capital de trabajo para operar el primer semestre de producción.

Primero se calculó la cantidad de insumos y materia prima a necesitar en un semestre de producción.

Luego se determinó el gasto de mano de obra tanto indirecta como directa, considerando los sueldos por mes de los operarios, gerente, personal de administración, entre otros. Para el caso de los servicios auxiliares se calcularon de acuerdo a la cantidad calculada en el capítulo IX de servicios auxiliares, multiplicándose por el precio aproximado extraído del simulador de la cooperativa eléctrica.

Tabla 12. Cuadro resumen de activos circulantes.

Activos circulantes	Costo en dolares
Mano De Obra Directa e Indirecta	$80,873.60
Materia Prima e Insumos	$133,512.45
Servicios Auxiliares	$1,819.89
TOTAL	$216,205.93

Inversión inicial

Tabla 13. Gastos totales de la inversión inicial.

Inversión total		
Equipos	$418,937 USD	
Obras civiles	$272,963 USD	
Operación 1er semestre	$216,206 USD	
Total	$691,900 USD	

Tabla 14. Método de financiación.

Financiación		
Tipo	% Inversión total	Monto (USD)
Crédito	0.5	345950
Inversores	0.5	345950

Financiación de la inversión inicial

Se aplicará para obtener un crédito para financiación de inversiones productivas del Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE), el mismo se amortiza en 7 años con 1 de gracia.

Se utiliza el sistema francés para determinar los gastos en intereses anuales que se tendrán.

Tabla 15. Sistema francés de pago del crédito.

Año	Cuota	Cuota Monto	Cuota Anual	Interés Monto	Interés Anual	Reducción del Capital	Capital Adeudado
1	1	$16,421,087	$197,053,044	$6,157,908	$73,894,891	$0.00	$492,632,609
	2	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	3	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	4	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	5	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	6	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	7	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	8	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	9	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	10	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	11	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
	12	$16,421,087		$6,157,908		$0.00	$492,632,609
2	13	$10,416,723	$125,000,677	$6,157,908	$70,230,771	$4,258,815	$488,373,794
	14	$10,416,723		$6,104,672		$4,312,051	$484,061,743
	15	$10,416,723		$6,050,772		$4,365,951	$479,695,792
	16	$10,416,723		$5,996,197		$4,420,526	$475,275,266
	17	$10,416,723		$5,940,941		$4,475,782	$470,799,484
	18	$10,416,723		$5,884,994		$4,531,730	$466,267,754
	19	$10,416,723		$5,828,347		$4,588,376	$461,679,378
	20	$10,416,723		$5,770,992		$4,645,731	$457,033,647
	21	$10,416,723		$5,712,921		$4,703,803	$452,329,845
	22	$10,416,723		$5,654,123		$4,762,600	$447,567,245
	23	$10,416,723		$5,594,591		$4,822,133	$442,745,112
	24	$10,416,723		$5,534,314		$4,882,409	$437,862,703
3	25	$10,416,723	$125,000,677	$5,473,284	$61,426,261	$4,943,439	$432,919,264
	26	$10,416,723		$5,411,491		$5,005,232	$427,914,031

	27	$10,416,723		$5,348,925		$5,067,798	$422,846,234
	28	$10,416,723		$5,285,578		$5,131,145	$417,715,088
	29	$10,416,723		$5,221,439		$5,195,284	$412,519,804
	30	$10,416,723		$5,156,498		$5,260,226	$407,259,578
	31	$10,416,723		$5,090,745		$5,325,978	$401,933,600
	32	$10,416,723		$5,024,170		$5,392,553	$396,541,047
	33	$10,416,723		$4,956,763		$5,459,960	$391,081,087
	34	$10,416,723		$4,888,514		$5,528,210	$385,552,878
	35	$10,416,723		$4,819,411		$5,597,312	$379,955,565
	36	$10,416,723		$4,749,445		$5,667,279	$374,288,287
4	37	$10,416,723	$125,000,677	$4,678,604	$51,206,386	$5,738,120	$368,550,167
	38	$10,416,723		$4,606,877		$5,809,846	$362,740,321
	39	$10,416,723		$4,534,254		$5,882,469	$356,857,852
	40	$10,416,723		$4,460,723		$5,956,000	$350,901,852
	41	$10,416,723		$4,386,273		$6,030,450	$344,871,402
	42	$10,416,723		$4,310,893		$6,105,831	$338,765,572
	43	$10,416,723		$4,234,570		$6,182,153	$332,583,418
	44	$10,416,723		$4,157,293		$6,259,430	$326,323,988
	45	$10,416,723		$4,079,050		$6,337,673	$319,986,315
	46	$10,416,723		$3,999,829		$6,416,894	$313,569,421
	47	$10,416,723		$3,919,618		$6,497,105	$307,072,315
	48	$10,416,723		$3,838,404		$6,578,319	$300,493,996
5	49	$10,416,723	$125,000,677	$3,756,175	$39,343,621	$6,660,548	$293,833,448
	50	$10,416,723		$3,672,918		$6,743,805	$287,089,643
	51	$10,416,723		$3,588,621		$6,828,103	$280,261,540
	52	$10,416,723		$3,503,269		$6,913,454	$273,348,087
	53	$10,416,723		$3,416,851		$6,999,872	$266,348,215
	54	$10,416,723		$3,329,353		$7,087,370	$259,260,844
	55	$10,416,723		$3,240,761		$7,175,963	$252,084,882
	56	$10,416,723		$3,151,061		$7,265,662	$244,819,220
	57	$10,416,723		$3,060,240		$7,356,483	$237,462,737
	58	$10,416,723		$2,968,284		$7,448,439	$230,014,298
	59	$10,416,723		$2,875,179		$7,541,544	$222,472,754
	60	$10,416,723		$2,780,909		$7,635,814	$214,836,940
6	61	$10,416,723	$125,000,677	$2,685,462	$25,573,862	$7,731,261	$207,105,679
	62	$10,416,723		$2,588,821		$7,827,902	$199,277,776
	63	$10,416,723		$2,490,972		$7,925,751	$191,352,026
	64	$10,416,723		$2,391,900		$8,024,823	$183,327,203

	65	$10,416,723		$2,291,590		$8,125,133	$175,202,070
	66	$10,416,723		$2,190,026		$8,226,697	$166,975,372
	67	$10,416,723		$2,087,192		$8,329,531	$158,645,842
	68	$10,416,723		$1,983,073		$8,433,650	$150,212,191
	69	$10,416,723		$1,877,652		$8,539,071	$141,673,121
	70	$10,416,723		$1,770,914		$8,645,809	$133,027,312
	71	$10,416,723		$1,662,841		$8,753,882	$124,273,430
	72	$10,416,723		$1,553,418		$8,863,305	$115,410,125
7	73	$10,416,723	$125,000,677	$1,442,627	$9,590,552	$8,974,097	$106,436,028
	74	$10,416,723		$1,330,450		$9,086,273	$97,349,756
	75	$10,416,723		$1,216,872		$9,199,851	$88,149,904
	76	$10,416,723		$1,101,874		$9,314,849	$78,835,055
	77	$10,416,723		$985,438		$9,431,285	$69,403,770
	78	$10,416,723		$867,547		$9,549,176	$59,854,594
	79	$10,416,723		$748,182		$9,668,541	$50,186,054
	80	$10,416,723		$627,326		$9,789,397	$40,396,656
	81	$10,416,723		$504,958		$9,911,765	$30,484,891
	82	$10,416,723		$381,061		$10,035,662	$20,449,229
	83	$10,416,723		$255,615		$10,161,108	$10,288,122
	84	$10,416,723		$128,602		$10,288,122	$0

Costos Operativos

Los costos operativos son aquellos que involucran todos los gastos relacionados con la propia actividad de la empresa para producir los productos propuestos. Los mismos se dividen en dos grupos:

- **Costos fijos:** son aquellos que no varían, es decir, al margen del nivel de producción que abarque la empresa, este costo será siempre igual.
- **Costos de producción**: este costo operativo, por el contrario, variará en función del nivel de producción de la empresa.

Costos fijos

Mano de obra directa

En este apartado entran los sueldos del personal que interviene de manera directa en el proceso productivo. Los costos de cada sueldo serán de acuerdo a lo considerado en el capítulo XII.

Tabla 16. Costo de mano de obra directa.

Sueldos					
Ítem	**Costo unitario**	**Moneda**	**Cantidad**	**Costo total (USD)**	**Costo total anual (USD)**
Operarios	1,000	USD	3	3000	18000
Profesionales	1,334	USD	2	2669	16011

Mano de obra indirecta

La mano de obra indirecta es aquella que trabaja en la empresa sin participar directamente en el proceso productivo. En nuestro caso serían los puestos que se encuentran en el área administrativa/económica, comercial y el personal de limpieza.

Tabla 17. Costos de mano de obra indirecta.

Sueldos					
Ítem	**Costo unitario**	**Moneda**	**Cantidad**	**Costo total (USD)**	**Costo total anual (USD)**
Marketing	421	USD	1	421	5056
Equipo de ventas (Adm tipo D)	706	USD	2	1413	16953

Costos Administrativos

Dentro de este grupo se incluyen los seguros, elementos para el funcionamiento de la oficina (papelería, internet, etc.), costos de logística internacional, además de los otros diferentes aspectos considerados en la siguiente tabla.

Tabla 18. Costos del área administrativa.

Administración					
Ítem	Costo unitario	Moneda	Cantidad	Costo total (USD)	Costo total anual (USD)
Contador tercerizado	809	USD	1	809	9710
Abogado tercerizado	393	USD	1	393	2360
Sueldo administrativo tipo C (8h)	705	USD	1	705	8465
Librería y Papelería (papel, tinta, lapiceras)	15	USD	1	15	88
Telefonía e Internet	21	USD	1	21	253
Seguros (comercio, transporte 0,2%)	1138	USD	1	1138	1138
Logística de transporte a puerto (por ton)	40	USD	3	120	120
Logística de transporte a BAS-ROTTERDAM (EU) 1 pallet	140	USD	3	420	420
Gastos locales de exportacion	513	USD	1	1	513
Exportación	350	USD	1	350	350

Costos de Comercialización

Se consideran los siguientes costos en el área comercial:

Tabla 19. Costos del área comercial.

Comercialización					
Ítem	Costo unitario	Moneda	Cantidad	Costo total (USD)	Costo total anual (USD)
Marketing	421	USD	1	421	5056
Equipo de ventas (Adm tipo D)	706	USD	2	1413	16953

Certificaciones IASC	1,200	USD	1	1200	1200
Viajes, visitas a clientes, ferias	10,000	USD	1	10000	10000

Costos bancarios

En este apartado considera los gastos por movimiento bancarios y mantenimiento de cuentas, los gastos en intereses por financiación del proyecto se expresan en otra sección.

Tabla 20. Costos bancarios.

Gastos financieros					
Ítem	**Costo unitario**	**Moneda**	**Cantidad**	**Costo total (USD)**	**Costo total anual (USD)**
Gastos bancarios	253	USD	1	253	3034

Costos de Amortizaciones y depreciaciones

Se calculan las amortizaciones de acuerdo a un criterio adoptado en base a la duración y costo de cada concepto.

Tabla 21. Costos de amortizaciones y depreciaciones.

Costos de Amortizaciones y Depreciaciones			
Concepto	**Criterio**	**Costo ($USD)**	**Depreciación Anual ($USD)**
Obras Civiles	0.03	$7,582.30	$227.47
Máquinas y Equipos	0.10	$41,893.69	$4,189.37
Muebles	0.10	$4,304.42	$430.44
Elementos Servicios Auxiliares	0.10	$6,347.98	$634.80
Gastos de puesta en marcha	0.25	$172,974.93	$43,243.73
Gastos de Imprevistos	0.25	$172,974.93	$43,243.73
Gastos de Instalación	0.25	$172,974.93	$43,243.73

Total Amortizaciones y Depreciaciones ($USD)	$135,213.28

Costo de fabricación

Materia prima, insumos y gestión de residuos

Tabla 22. Costos de la materia prima, insumos y gestión de residuos mensual y anual.

Costos de fabricación					
Ítem	**Costo unitario**	**Moneda**	**Cantidad**	**Costo total mensual (USD)**	**Costo total anual (USD)**
Materia prima					
Pencas (1Kg)	0.3	USD	445,042	133512	133512
Insumos					
Packaging (para 25 Kg)	0.7	USD	90	62.741952	376
Pallet	13	USD	2.2	30	179
Strechado	42	USD	5	211	1264
Servicios auxiliares					
Electricidad (Kw/h)	1.65	USD	4631	7631	45783
Tanque CO2	492	USD	6	2949	17697
Sueldos					
Operarios	1,000	USD	3	3000	18000
Profesionales	1,334	USD	2	2669	16011
Gestión de residuos					
Biopesticida (subproducto)	2.11	USD	65	137	822
Carbón activado (35 Kg c/ 4 días)	4.2	USD	1365	5751	5751
			TOTAL (USD)	**$ 155,953**	**$ 338,707**

Modelo Financiero

Se planteó el modelo financiero de la empresa, donde se tienen plasmados todos los ingresos, cantidades y costos; con el fin de calcular el flujo neto año a año y poder evaluar si el proyecto es rentable.

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Añ
	N° Equipos	3	3	3	3	4	4	4	4	
Polvo	Ingreso (USD)		336,118	336,118	336,118	448,157	448,157	448,157	448,157	560
	Cantidad (kg)		2,241	2,241	2,241	2,988	2,988	2,988	2,988	3,
	Precio de venta (USD)		150	150	150	150	150	150	150	1
Biopesticida	Ingreso (USD)		390,000	390,000	390,000	520,000	520,000	520,000	520,000	650
	Cantidad (l)		390,000	390,000	390,000	520,000	520,000	520,000	520,000	650
	Precio de venta (USD)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1
	Ingresos totales (A)		**726,118**	**726,118**	**726,118**	**968,157**	**968,157**	**968,157**	**968,157**	**1,21**
	Costo de Producción (B)		**338,707**	**338,707**	**338,707**	**464,490**	**464,490**	**464,490**	**464,490**	**564**
	Materia Prima		133,512	133,512	133,512	178,017	178,017	178,017	178,017	222
	Insumos		1,820	1,820	1,820	2,511	2,511	2,511	2,511	3,
	Servicios Auxiliares		63,480	63,480	63,480	80,899	80,899	80,899	80,899	93
	Otros Gastos de Producción		40,584	40,584	40,584	85,413	85,413	85,413	85,413	108
	Resultado Bruto (A - B)		**387,410**	**387,410**	**387,410**	**503,667**	**503,667**	**503,667**	**503,667**	**645**
	Margen Bruto ((A - B)/A)		*53%*	*53%*	*53%*	*52%*	*52%*	*52%*	*52%*	*5*
	Costos Administrativos		23,416	23,416	23,416	23,416	23,416	23,416	23,416	23
	Costos de Comercialización		33,210	33,210	33,210	33,210	33,210	33,210	33,210	33
	Costos Financieros		3,675	3,675	3,675	2,107	2,107	2,107	2,107	1,
	Resultado Operativo		**327,110**	**327,110**	**327,110**	**444,935**	**444,935**	**444,935**	**444,935**	**587**
	Margen Operativo		45%	45%	45%	46%	46%	46%	46%	4
	Amortizaciones y depreciaciones		135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135
	Intereses		51,892	49,319	43,136	35,960	27,629	17,959	6,735	
	Beneficios antes de impuestos		140,004	142,577	148,760	273,762	282,092	291,762	302,986	451
	Impestos a las ganancias		42,001	42,773	44,628	82,129	84,628	87,529	90,896	135
	Resultado Neto (C)		98,003	99,804	104,132	191,633	197,465	204,234	212,091	316
	Margen Neto		0.13	0.14	0.14	0.20	0.20	0.21	0.22	0
	Activo Fijo (D)	$ 418,936.85				114,750				114
	Activo Diferido (E)	$ 264,597.66				5,458				
	Activo Circulante (F)	$ 216,205.93								
	Inversiones (G)	$ 899,740.44				120,208				114
	Amortizaciones (H)		135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135,213	135
	Intereses prestamos (I)(1-30%)		36,325	34,524	30,195	25,172	19,340	12,571	4,714	
	FLUJO NETO (C - G + H + I)	-$ 899,740.44	269,541	269,541	269,541	231,811	352,018	352,018	352,018	336
	Impuesto a las ganancias	30%								

	%	Inversión	Tasa	WACC
CAPITAL APORTADO POR ACCIONISTAS (USD)	50%	345,950	25%	0.13
CRÉDITO SOLICITADO (USD)	50%	345,950	15%	0.08

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto y el Período de Recupero de Inversión.

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá el proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia. El mismo se presenta en unidades monetarias.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero similar al VAN, pero a diferencia de este no es un indicador de valor sino de rentabilidad. Se considera que un proyecto es rentable si la TIR es superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento bancaria), mientras que, si la TIR es igual a la tasa de descuento, será indiferente entre realizar la inversión o no. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse.

El Período de Recupero de la Inversión (PRI) es el período expresado en años que se necesita para recuperar la inversión y comenzar a generar ganancias.

El WACC (Costo Promedio Ponderado de Capital) es un indicador financiero que representa el costo medio que una empresa tiene para financiar sus activos a través de una mezcla de deuda y capital propio. Se utiliza para determinar la rentabilidad mínima que una empresa debe generar para satisfacer a sus inversores y es crucial para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión.

Tabla 23. Modelo de inversión.

	%	Inversión	Tasa	WACC
CAPITAL APORTADO POR ACCIONISTAS (USD)	50%	345,950	25%	0.13
CRÉDITO SOLICITADO (USD)	50%	345,950	15%	0.08
TOTAL DE LA INVERSIÓN (USD)	$691,900	691,900		**0.20**

Tabla 24. Indicadores de Rentabilidad.

Indicadores de rentabilidad			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,212,802.84	34%	4.06	20.00%

Teniendo en cuenta el modelo financiero, el Valor Actual Neto (VAN) asciende a US$ 1.212.803, calculado trayendo a valor presente los flujos futuros al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) del 20%; este indicador mide la riqueza creada por el proyecto; resultó en un valor positivo, por lo cual la inversión supera su costo de oportunidad y, por tanto, crea valor. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero; por ende, una TIR del 34 % implica que el proyecto rinde por encima del WACC, reforzando la conveniencia económica. El Período de Recupero (PRI) estima el tiempo necesario para recuperar el desembolso inicial con la caja generada, para este proyecto se estima en 4,06 años, lo que sugiere una recuperación ágil del capital invertido. Los márgenes confirman la fortaleza operativa, el margen bruto se mantiene en torno a 52–53 %, reflejando capacidad para cubrir costos directos; el margen operativo se ubica en 45–49 %, incorporando gastos administrativos, de comercialización y depreciaciones; y el margen neto resulta después de intereses y del impuesto a las ganancias del 30 %, mostrando la rentabilidad final para los accionistas. Esta rentabilidad se apoya en una estructura de inversión inicial cercana a US$ 899.740 (suma de Activo Fijo (US$ 418.937), Activo Diferido (US$ 264.598) y Activo Circulante (US$ 216.206)), donde las amortizaciones (gasto no desembolsable) y el perfil de intereses de los préstamos ya están contemplados en los flujos.

Análisis de rentabilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad del proyecto, donde se compararon los indicadores de rentabilidad del proyecto original con los valores que tendrían en diferentes escenarios.

Figura 3. Matriz de escenarios para análisis de rentabilidad

		Precio de venta		
		- 10%	Actual	+ 10%
Capacidad	3 equipos	1	2	3
	Actual	4	5	6
	6 equipos	7	8	9

en los primeros 10 años.

2. Precio de venta actual, sin aumentar la capacidad de secado en los primeros 10 años.
3. Precio de venta +10%, sin aumentar la capacidad de secado en los primeros 10 años.
4. Precio de venta -10%, aumentando la capacidad de secado a 5 equipos en los primeros 10 años.
5. Modelo financiero actual
6. Precio de venta +10%, aumentando la capacidad de secado a 5 equipos en los primeros 10 años.
7. Precio de venta -10%, aumentando la capacidad de secado a 6 equipos en los primeros 10 años.
8. Precio de venta actual, aumentando la capacidad de secado a 6 equipos en los primeros 10 años.

9. Precio de venta +10%, aumentando capacidad de secado a 6 equipos en los primeros 10 años.

Tabla 25. 1. Indicadores de rentabilidad escenario 1.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$738,826	28%	6.31	20.00%

Tabla 25. 2. Indicadores de rentabilidad escenario 2.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$889,058	30%	5.48	20.00%

Tabla 25. 3. Indicadores de rentabilidad escenario 3.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,039,290	33%	4.85	20.00%

Tabla 25. 4. Indicadores de rentabilidad escenario 4.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,020,029.82	31%	4.66	20.00%

Tabla 25. 5. Indicadores de rentabilidad escenario 5.

INDICADORES DE RENTABILIDAD

VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,405,575.87	37%	3.60	20.00%

Tabla 25. 6. Indicadores de rentabilidad escenario 7.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,195,788.08	33%	3.97	20.00%

Tabla 25. 7. Indicadores de rentabilidad escenario 8.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,399,996.78	36%	3.50	20.00%

Tabla 25. 8. Indicadores de rentabilidad escenario 9.

INDICADORES DE RENTABILIDAD			
VAN (U$D)	TIR	PRI (años)	WACC
$1,604,205.47	39%	3.12	20.00%

En síntesis, los diferentes escenarios evidencian que el proyecto es más sensible al precio de venta que al cambio de capacidad de secado; un cambio de ± 10% impacta de manera directa sobre el margen de contribución de cada unidad y se traslada al flujo operativo porque no requiere recursos adicionales; por ello, produce variaciones proporcionalmente mayores en VAN, TIR y PRI que pasar de 3 a 5 o 6 equipos. Con 3 equipos el proyecto se mantiene rentable en todos los casos analizados, aunque con precio en un 10 % menor el VAN se reduce de forma significativa y el PRI se alarga, por lo que el precio base funciona como umbral operativo: por debajo de él, la expansión

no logra justificar plenamente el mayor CAPEX y la complejidad que implica operar con más equipos. En cambio, con un 10 % más en el precio la expansión a 6 equipos se convierte en la frontera eficiente de creación de valor (máximo VAN y mínimo PRI), superando al resto de combinaciones.

Comparando los diferentes escenarios con el modelo financiero original, se observa que, el plan de 5 equipos a precio base mejora los indicadores (VAN más alto y menor PRI) sin requerir incrementos de precio, por lo que, en términos de equilibrio riesgo y retorno, es la alternativa recomendada; la expansión adicional queda condicionada a contar con demanda firme capaz de convalidar el aumento de precio.

PARTE V

Evaluación del proyecto y conclusiones

CAPÍTULO XVI

Conclusiones

Conclusión

El secado por Ventana Refractaria resultó una tecnología adecuada para el procesamiento de matrices termosensibles como el gel de *Aloe vera*, debido a su eficiente transferencia de calor, el bajo gradiente térmico en el sólido y la adecuada conservación de los atributos funcionales del producto.

A partir del trabajo experimental realizado, se determinó que el tratamiento que utiliza una temperatura de fluido calefactor de 80 °C y sin adición de coadyuvantes (tratamiento T1) permite obtener un producto que conserve en buena medida las características y propiedades del gel fresco, y que además presente parámetros fisicoquímicos y apariencia visual compatibles con los requerimientos del mercado mundial del polvo de *Aloe vera*. En aplicaciones donde la estabilidad de color y la apariencia del polvo son prioritarias, la adición de un 1 % de maltodextrina a la formulación, manteniendo la temperatura de secado en 80 °C, podría generar productos más claros y visualmente más atractivos.

Si bien los métodos de determinación de capacidad antioxidante utilizados (ABTS y DPPH) son ampliamente reconocidos y aceptados en el ámbito científico, su aplicación individual puede no reflejar de manera integral el potencial antioxidante total del *Aloe vera*. Por ello, se sugiere complementar estos ensayos con metodologías adicionales, como FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) y ORAC (*Oxygen Radical Absorbance*

Capacity), que permitirían ampliar el rango de compuestos detectables y evaluar fracciones antioxidantes que no reaccionan con los radicales empleados en ABTS y DPPH. La combinación de estos métodos ofrecería una estimación más representativa del poder antioxidante global del producto y de su potencial aplicación nutracéutica. Asimismo, es importante destacar que el protocolo de extracción empleado fue originalmente desarrollado para matrices ricas en antocianinas, como el arándano, cuya composición difiere significativamente de la del gel de *Aloe vera*. Esta diferencia podría introducir variaciones en la eficiencia de extracción y, en consecuencia, en los valores obtenidos de capacidad antioxidante. La decisión de emplear este protocolo se basó en la disponibilidad de reactivos y en las limitaciones de tiempo existentes para llevar adelante la puesta a punto de una metodología alternativa. No obstante, se considera necesario optimizar y adaptar el procedimiento de extracción a la matriz específica estudiada, con el fin de asegurar resultados más precisos y comparables.

Considerando un esquema de funcionamiento industrial con una alimentación de 36 kg/h, 21 h/día de operación efectiva y 156 días de campaña anual, junto con un rendimiento de secado real del 1,9 %, se estima una producción de aproximadamente 2,23 t por año de polvo de *Aloe vera* con una concentración 100:1.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto resultaría viable. Los equipos y operaciones requeridos son tecnológicamente accesibles y de

fácil obtención a través de proveedores certificados. No obstante, antes de avanzar a escala industrial, resulta imprescindible ensayar la técnica en una etapa piloto intermedia, ya que el escalado directo podría generar diferencias significativas en los parámetros del proceso necesarios para alcanzar las condiciones finales buscadas. La simplicidad del esquema productivo, junto con los bajos requerimientos energéticos del secado por Ventana Refractaria respecto de tecnologías convencionales, aseguran un funcionamiento estable, seguro y de bajo mantenimiento. Todo ello respalda la factibilidad de implementación industrial del proceso propuesto.

La implementación del proyecto requiere una inversión inicial cercana a USD 0,90 MM, incluyendo activo fijo, diferido y capital de trabajo. Con un precio de referencia de USD 150/kg para el polvo 100:1 y considerando la valorización del subproducto (biopesticida), las proyecciones económicas indican un margen bruto del 50 % y un margen operativo promedio del 47 %. La evaluación financiera, con una tasa de WACC del 20 %, arroja un VAN de USD 1,21 M, una TIR del 34 % y un PRI de 4,06 años, cumpliendo los criterios de aceptación (VAN > 0; TIR > WACC) y demostrando la viabilidad económica del proceso a escala industrial.

El análisis de sensibilidad ante variaciones de ±10 % en el precio de venta mantiene resultados favorables respecto del escenario base. No obstante, un escenario sin ampliación de equipos en 10 años evidencia

limitaciones de crecimiento y de aprovechamiento de economías de escala, lo que sugiere la conveniencia de un escalado progresivo acorde al desarrollo comercial.

En síntesis, se puede concluir que el secado por Ventana Refractaria constituye una alternativa tecnológica eficiente para la obtención de *Aloe vera* en polvo de alta calidad y que, desde el punto de vista técnico y económico, se cumplieron ampliamente los objetivos propuestos en el proyecto.

PARTE VI

Anexos

ANEXOS

Índice

Estándar de calidad.....3
Parámetros de calidad del International Aloe Science Council (IASC) para gel de aloe vera el polvo.....3
Diseño de experimentos.....6
Reconocimiento y formulación del problema.....6
Selección de factores y niveles..... 6
Cantidad de material.....7
Selección de las variables de respuesta..... 9
Selección del diseño experimental..... 9
Ensayos preliminares.....11
Ensayos realizados..... 12
Observaciones y análisis..... 13
Ensayos escala laboratorio.....14
Procesamiento de las muestras.....14
Ejecución de los ensayos de secado.....16
Análisis estadístico de los resultados..... 17
Resultados..... 18
Caracterización del gel de Aloe vera..... 18
Análisis del rendimiento del secado..... 19
Análisis pH del polvo reconstituido..... 20
Análisis de color sobre el polvo seco (Espacio CIELAB).....25
Variación de Color (ΔE)..... 29
Análisis de la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH)..... 31
Análisis de humedad del polvo seco.....35
Análisis de actividad acuosa del polvo seco..... 38
Análisis global de los resultados..... 42
Bibliografía..... 44

Estándar de calidad

Parámetros de calidad del International Aloe Science Council (IASC) para gel de aloe vera el polvo.

El International Aloe Science Council (IASC) es una organización sin fines de lucro que promueve la industria del Aloe vera a través de la investigación y la educación. Su principal función es desarrollar y aplicar un programa de certificación para productos de aloe vera, asegurando que cumplan con estándares de calidad y pureza para el consumidor. Los productos que superan sus rigurosos controles obtienen el sello de certificación IASC, que garantiza la autenticidad y la calidad del aloe. Los parámetros definidos por el IASC para productos aloe en polvo son:

1. Humedad final

Máximo de 7% (ideal 3–5%). Este parámetro afecta la estabilidad y aumenta el riesgo de apelmazamiento y contaminación microbiana del producto.

2. Contenido de sólidos totales

Dentro de un rango de 90–97% según el grado de concentración del producto (50X, 100X, 200X). Este parámetro está relacionado directamente con el factor “X” de concentración.

3. Acemanano (polisacárido marcador)

Debe ser ≥ 5% en base seca. Este es uno de los compuestos bioactivos clave en el aloe vera y es empleado como un criterio clave en la

determinación de la autenticidad del producto.

Se determina normalmente por HPLC o por métodos colorimétricos validados.

4. Aloína (antraquinonas)

Debe ser < 10 ppm en productos terminados para consumo oral. Esto asegura que el polvo proviene de la hoja interna y no de la corteza (donde se halla el mayor contenido de aloína).

5. Cenizas

Debe ser ≤ 5%. Un exceso de cenizas indica contaminación con corteza o material no gel.

6. pH de solución reconstituida

En reconstitución al 1:200, el pH debe ser 3,5–5,0. Esto confirma que el producto mantiene las características químicas del gel fresco.

7. Microbiología

Los criterios microbiológicos que debe cumplir el producto para garantizar su inocuidad son:

- *Recuento total aerobios:* <1000 ufc/g.
- *Mohos y levaduras:* <100 ufc/g.
- *Coliformes, E. coli, Salmonella:* ausencia.

8. Otros controles

- *Color:* blanco a beige claro (un marrón indica oxidación o degradación).
- *Olor/sabor:* característico, no rancio.
- *Identidad:* espectros FTIR o HPLC para confirmar perfil de polisacáridos.

Diseño de experimentos

Reconocimiento y formulación del problema

1. Objetivo del experimento

Secado de pulpa de Aloe *barbadensis Miller* para obtener un producto seco, de humedad determinada, que luego pueda ser transformado en un polvo fino, de fácil dispersión y fluido.

2. Problemática

Obtener el producto en polvo logrando la mínima alteración de las características composicionales de interés de la materia prima Aloe (compuestos antioxidantes principalmente) y obteniendo un polvo que cumpla con las especificaciones necesarias para su comercialización en el mercado.

Selección de factores y niveles

Se estableció un diseño factorial aleatorizado con 2 factores y 2 niveles cada uno y 7 variables de respuesta medidas por triplicado.

1. Factores potenciales del proceso

a. Variables

- Maltodextrina 15 DE (0% y 1%).
- Temperatura del líquido calefactor (80 y 90°C).

b. Constantes (tomaremos condiciones de operación del equipo que se mantendrán constantes).

- Velocidad del aire forzado.
- Espesor de la capa de puré 3 mm.

2. ***Factores perturbadores del proceso***

   a. ***Controlables:*** externos se pueden ajustar (temperatura ambiente).
   b. ***No controlables:*** no se pueden ajustar pero pueden medirse, por lo que su efecto puede ser compensado (humedad relativa del aire ambiente).
   c. ***De ruido:*** no pueden ajustarse a un nivel y este nivel varía de forma natural.

Cantidad de material

Disponiendo de valores teóricos de la humedad inicial y final del gel de aloe vera sometido a un secado por Ventana Refractaria, se realizaron balances de masa para determinar la cantidad de muestra a secar para obtener 13 g de producto.

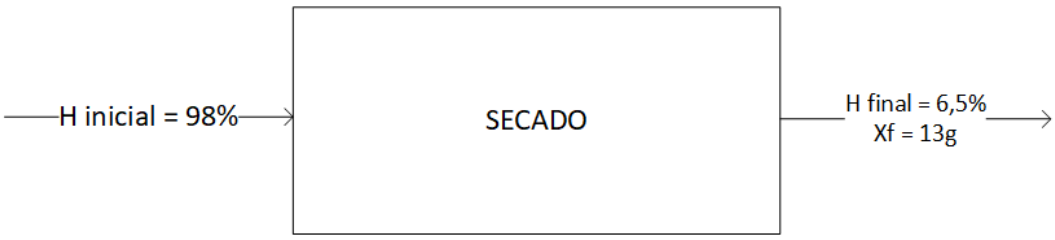


Figura 1. Esquema balance general de masa para la operación de secado por Ventana de Reflectancia a escala laboratorio.

Balance de sólidos:

$$x * 0,02 = 13\ g\ * 0,935$$

$$x = 607,\ 8\ g\ de\ gel\ de\ Aloe\ por\ lote$$

Capacidad de carga del secador:

$$V = (60x36x0,\ 3)cm = 648\ cm^3 = 0,\ 648\ L$$

$$\rho_{gel} = 0{,}975\ \frac{g}{mL} \quad (1)$$

$$m = 975\ \frac{g}{L} * 0,\ 648\ L = 631,\ 8\ g\ gel$$

Para cada ensayo se requieren 607,8 g de aloe fresco para obtener 13 g de aloe en polvo, que sería una cantidad suficiente para poder llevar adelante las pruebas posteriores para el producto seco.

Se realizan 4 ensayos en condiciones variables (tratamientos diferentes), cada uno se repite 3 veces, dando un total de 12 muestras de producto seco. Entonces, la cantidad total de aloe fresco necesaria para llevar adelante la etapa experimental será:

$$12\ ensayos \times 608\ \frac{g}{ensayo} = 7{,}3\ kg\ de\ gel\ de\ Aloe\ fresco,$$

para realizar todos los ensayos correspondientes a los 4 tratamientos a evaluar en esta etapa. La cantidad total teórica de producto en polvo obtenida será:

$$12\ ensayos \times 13\ \frac{g}{ensayo} = 156\ g.$$

Selección de las variables de respuesta

Las variables respuesta para evaluar el producto en polvo son varias, y obedecen a los parámetros fisicoquímicos necesarios de determinar para la caracterización del polvo como producto final y la evaluación del resultado óptimo, así como también de control de calidad para el producto final. Estos son:

1. Humedad final (<6,5% bh)
2. Solubilidad
3. Color
4. Actividad acuosa
5. Capacidad antioxidante
6. Rendimiento de secado

Selección del diseño experimental

Para determinar el tamaño de la muestra, garantizar la aleatoriedad de la misma y proceder luego a la realización de ensayos y el análisis de los datos arrojados, se debe proceder de la siguiente manera:

1. Identificación del diseño experimental

Para un experimento factorial 2^2 (dos factores, cada uno con dos niveles), se tendrán 4 tratamientos (combinaciones de los niveles de los dos factores).

- T1 (80 °C, 0% maltodextrina)
- T2 (80 °C, 1% maltodextrina)
- T3 (90 °C, 0% maltodextrina)
- T4 (90 °C, 1% maltodextrina)

Es recomendable para obtener resultados con mayor precisión estadística realizar al menos 3 repeticiones por cada tratamiento ensayado. Por lo tanto, el número total de muestras será:

N = número de tratamientos × número de réplicas

N = 4×3 = 12 (mínimo recomendado)

2. Tamaño de muestra en función del área de la población

Partiendo de una población constituida por 0,5 ha (5000 m^2) de cultivo de *Aloe vera*, para hacer un muestreo representativo de la población de Aloe variedad *barbadensis* Miller es necesario llevar a cabo un muestreo correctamente planificado a fin de garantizar la aleatoriedad del muestreo.

1. Elegir para el muestreo todas las plantas de igual edad y en buenas condiciones para ser cosechadas y procesadas.
2. Tomar una penca de cada planta apta para la cosecha. Realizar el corte en la base de la penca sin cortar la zona con pulpa, para no dejar expuesto el gel al aire ambiente.
3. Sumergir las muestras en recipiente con 0,5% de Hipoclorito de Sodio y agua durante 3 minutos.
4. Almacenar las pencas en cajones de madera y rotular (número de toma, fecha, hora, sujeto que tomó la muestra).
5. Si es necesario tomar más material para el estudio, repetir el procedimiento descrito en el paso 2 y 3, a fin de obtener varias muestras tomadas de manera aleatoria y que representen a cada individuo de la población.

6. Almacenar rápidamente a baja temperatura para evitar la degradación del material.

Ensayos preliminares

Durante la etapa de homogeneización del gel de *Aloe vera* utilizando una licuadora industrial, se observó una formación significativa de espuma, la cual presentaba alta estabilidad. Esta condición dificultó la correcta determinación del espesor del producto al momento de ser distribuido sobre el sistema de secado, comprometiendo la uniformidad y reproducibilidad del proceso.

Con el objetivo de mitigar este inconveniente, se realizaron ensayos preliminares empleando dos tipos de aditivos: maltodextrina y antiespumantes, tanto en formulación líquida como en polvo. Se utilizaron cantidades idénticas del producto fresco, sobre las cuales se aplicaron distintas combinaciones de aditivos. En todos los casos se evaluó como variable de respuesta el tiempo de desintegración de la espuma.

Ensayos realizados

Tabla 1: condiciones experimentales y resultados obtenidos en la medición del tiempo de desarme de espuma.

Ensayo	***Tiempo de Homogeneización***	***Dosis/Tipo de Antiespumante***	***Otras Variables***	***Tiempo de Desarme de Espuma***
Ensayo 1	50 segundos	2 ml / líquido	Ninguna	3 minutos

Ensayo 2	50 segundos	Ninguno	5% maltodextrina	2 minutos
Ensayo 3	1 minuto	3 ml (líquido)	Ninguna	2 minutos
Ensayo 4	1,5 minutos	Líquido	5% de maltodextrina	2 minutos
Ensayo 5	1 minuto	1% (en polvo)	Ninguna	No se modificó (la espuma)

Observaciones y análisis

La incorporación de maltodextrina disuelta en agua resultó contraproducente, ya que se añadió un volumen adicional de agua al sistema, afectando negativamente el balance de humedad del producto.

El uso de antiespumante líquido fue más eficiente que el polvo en la desestabilización de la espuma; aunque se agregue agua al sistema, se optó por la primera opción.

La combinación de antiespumante líquido y maltodextrina (MDX) espolvoreada durante la homogeneización resultó ser la estrategia más adecuada para su incorporación en la mezcla.

Inicialmente se ensayó una formulación al 5% en MDX. Sin embargo, posterior al secado se observó una tendencia del producto a cristalizar, generando aglomeraciones pegajosas sobre el film plástico y dificultando la posterior recuperación del producto seco.

Modificación del procedimiento

En función de los resultados obtenidos, se ajustó el diseño experimental considerando como criterios el empleo de una concentración de maltodextrina menor para evitar los efectos negativos de la cristalización del producto (1% de MDX 15 DE).

Cuando se trabaja con formulaciones sin maltodextrina, se recomienda homogeneizar durante 1,5 minutos con 3 ml de antiespumante líquido.

En lotes con adición del coadyuvante, se mantiene el mismo procedimiento antes detallado, incorporando la maltodextrina de forma progresiva durante la homogeneización, espolvoreando sobre la superficie del gel.

Ensayos escala laboratorio

Es la parte en la cual se realiza el experimento y se recogen los datos, debe prestarse atención al mecanismo de aleatorización, al manejo de los instrumentos de medida, al reconocimiento de las unidades experimentales, y fundamentalmente al mantenimiento en la forma más uniforme posible de las condiciones ambientales del experimento. Un error en el procedimiento destruirá por lo general la validez de este.

Los ensayos fueron realizados a escala laboratorio haciendo uso de un equipo experimental construido para simular el método de secado elegido para el estudio.

Procesamiento de las muestras

Para evitar introducir variabilidad a los resultados fue necesario tratar cada muestra de manera uniforme. Para ello se llevaron adelante

una serie de etapas cuidadosamente planeadas y realizadas de manera ordenada, repitiendolos siempre de forma lo más similar posible.

1. ***Selección:*** se eliminaron aquellas hojas que no cumplían con la calidad necesaria para el procesamiento (hojas dañadas, con signos de descomposición, enfermedad).

2. ***Despunte y pelado:*** con un cuchillo se cortaron la parte superior e inferior de la penca (base y punta), para luego retirar la corteza cuidadosamente, evitando retirar junto con esta gran cantidad de pulpa. Se obtuvo como resultado el gel o pulpa de aloe sin restos de cáscara.

3. ***Homogeneización de la muestra:*** se procesó el gel utilizando una licuadora industrial (a alta velocidad, con placas deflectoras) hasta obtener una consistencia líquida y apariencia uniforme. Luego se pesaron porciones iguales de gel homogeneizado para su posterior secado.

4. ***Almacenamiento previo al secado:*** aquellas muestras que no se secaron inmediatamente, se mantuvieron en refrigeración y al resguardo de la luz para evitar la degradación de sus componentes. Se evitaron tiempos prolongados de espera entre la preparación y el secado para disminuir al máximo la degradación del material.

Antes de llevar adelante los ensayos de secado, se realizó una caracterización de la materia prima (gel fresco de aloe) con la finalidad de establecer los parámetros de calidad iniciales y garantizar la homogeneidad de las muestras entre tratamientos. Para ello se determinó

su contenido de sólidos solubles (°Brix), pH y los parámetros de color (L*, a*, b*).

Ejecución de los ensayos de secado

Para que las condiciones de cada ensayo fueran reproducibles y controladas, se llevó un estrecho control de los factores que podrían haber incidido sobre los resultados obtenidos (posibles fuentes de variabilidad externa). Los factores a controlar fueron:

1. **Parámetros del equipo de secado**

   a. Temperatura de secado (constante y monitoreada).
   b. Tiempo de secado (constante).
   c. Flujo de aire (constante).

2. **Carga de material**

   a. Igual cantidad de material por ensayo.
   b. Distribución uniforme en la superficie de secado.

3. **Condiciones ambientales**

   a. Registro la humedad y temperatura ambiente.

   b. Registro de fluctuaciones ambientales.

4. **Repetición de los ensayos**

   a. Ensayo de cada tratamiento por triplicado.
   b. Promedio de los resultados y análisis de la variabilidad entre réplicas.

Análisis estadístico de los resultados

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos, se utilizó el paquete de software Statgraphics Centurion. Específicamente, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) Factorial (diseño 2 ^{2}), seguido de la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para comparar y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos o niveles de los factores estudiados

Resultados

Caracterización del gel de *Aloe vera*

Luego de la caracterización de la materia prima de partida se recogieron datos de peso, contenido de sólidos solubles, pH y color.

El peso promedio de las muestras destinadas al secado fue de 600 ± 0,35 g. El contenido de sólidos solubles fue uniforme, con un valor de 1,0 ± 0,1 °Brix, indicativo de una baja concentración de sólidos solubles en el gel de aloe vera. El pH promedio fue de 4,40 ± 0,05, lo cual concuerda con reportes previos sobre la acidez del gel de aloe y confirma su estabilidad microbiológica inicial. En cuanto al color, los valores del parámetro a* oscilaron entre 2,33 y 6,48; los de b* entre -0,16 y 4,39; los de L* entre 18,60 y 32,94.

Este perfil fisicoquímico y cualitativo inicial permitió establecer una base para posteriormente poder comparar los efectos del método de secado sobre el producto fresco. Asimismo, la homogeneidad entre réplicas observada en el análisis estadístico validaría el diseño experimental seguido y permitiría afirmar con mayor certeza que las diferencias observadas entre los distintos tratamientos de secado se debieron principalmente a los factores experimentales (temperatura y % maltodextrina) y no a la variabilidad del material de partida.

Análisis del rendimiento del secado

El rendimiento del secado es un parámetro crítico que permite evaluar la eficiencia del proceso de deshidratación. En este estudio, se calculó el porcentaje de masa de polvo seco recuperado respecto al peso

húmedo del gel fresco inicial. Los valores obtenidos mostraron diferencias significativas entre tratamientos, reflejando el impacto de las variables operacionales (temperatura y concentración de maltodextrina) sobre este parámetro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 2: rendimientos de secado obtenidos por medio de los distintos tratamientos ensayados.

Tratamiento	Resultados
T1	0,94 ± 0,01 %
T2	0,78 ± 0,42 %
T3	0,84 ± 0,04 %
T4	0,60 ± 0,07 %

El tratamiento T1 mostró el rendimiento más alto. Por el contrario, T4 fue el menos eficiente. Esta diferencia entre ambos podría explicarse por la interferencia física de la maltodextrina en la formación del polvo.

El análisis estadístico (ANOVA) confirmó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). Además, la prueba de Tukey mostró que T1 y T3 son estadísticamente superiores a T2 y T4. La interacción entre temperatura y maltodextrina fue también significativa ($p = 0,008$), lo que indica que los efectos de ambos factores no son aditivos sino que interactúan, modificando el rendimiento en función de la combinación de niveles.

Varios factores podrían haber afectado negativamente el rendimiento del proceso, como la evaporación del agua durante el secado generando pérdidas por arrastre de partículas finas por el flujo de aire caliente, la

adherencia del producto a las superficies del equipo, y la posible degradación térmica o aparición de reacciones no enzimáticas como el pardeamiento. Asimismo, el uso de maltodextrina puede influir en el rendimiento final diluyendo la concentración de sólidos presentes, reduciendo así el porcentaje de recuperación.

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que las condiciones operativas del proceso de secado inciden directamente en el rendimiento del producto final. La combinación de menor temperatura y ausencia de maltodextrina (T1) ofreció el mejor rendimiento, superando incluso el 1% en algunos ensayos. En cambio, condiciones con mayor temperatura y presencia de aditivos (como en T4) mostraron menor eficiencia.

Análisis pH del polvo reconstituido

El pH del polvo reconstituido fue determinado tras una reconstitución del mismo con agua destilada en proporciones tales que la mezcla sea equivalente con la humedad original del gel. Esta variable refleja el impacto del tratamiento térmico y del uso de aditivos sobre la acidez natural del aloe vera. Los valores obtenidos por tratamiento fueron:

Tabla 3: pH del polvo reconstituido obtenido por medio de los distintos tratamientos ensayados.

Tratamiento	Resultados
T1	3,88 ± 0,02
T2	4,18 ± 0,05
T3	3,97 ± 0,03
T4	4,25 ± 0,06

Tabla 4: ANOVA factorial para el análisis de las variables temperatura (T) y pH para el polvo de gel de Aloe vera reconstituido.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	F	p-valor
Temperatura	0,0184	1	10,2269	0,0127
%Maltodextrina	0,2437	1	13,375	3e-06
Temperatura: % Maltodextrina	0,0002	1	0,1157	0,7425

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,9480, lo cual indica que el modelo explicaría en un 94.8% la variación observada en los datos.

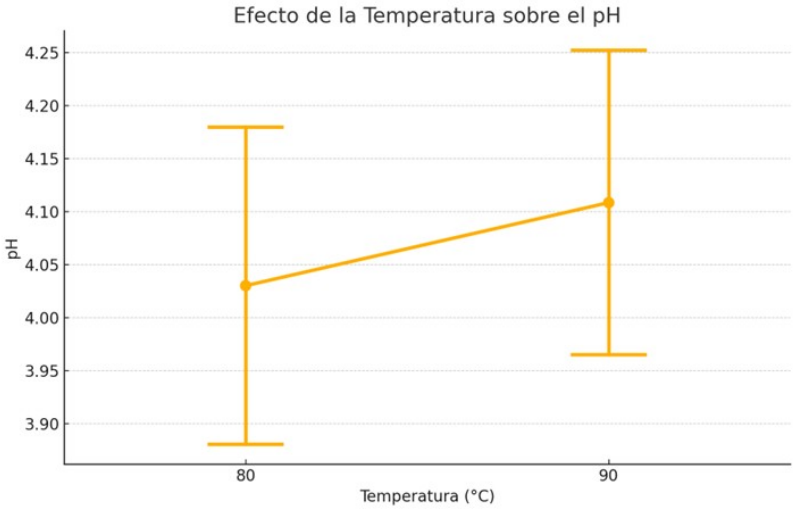


Figura 2. Gráfica de líneas con barras de error para el efecto de la temperatura sobre el pH para los tratamientos T1 y T3.

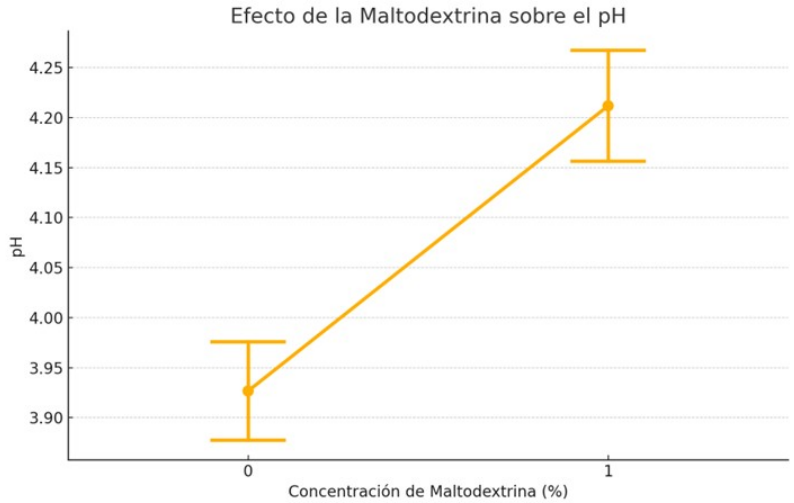


Figura 3. Gráfica de líneas con barras de error para el efecto de la temperatura sobre el pH para los tratamientos T2 y T4.

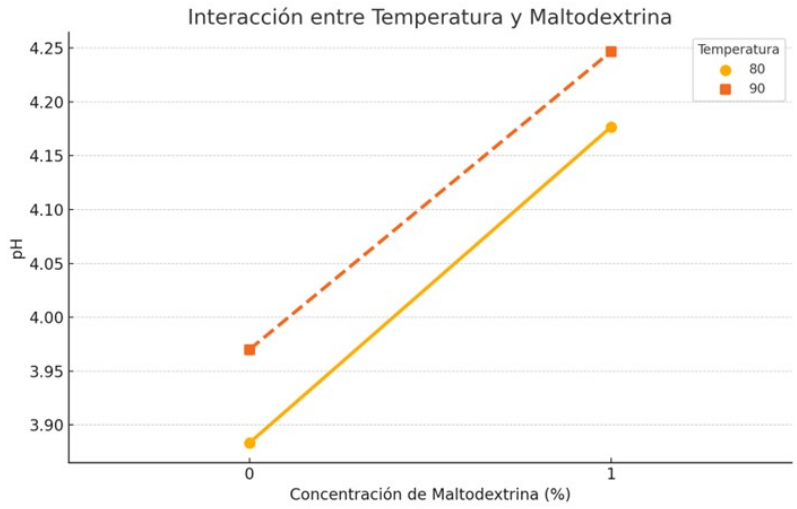


Figura 4. Gráfica de interacción entre las variables temperatura (80 y 90°C) y concentración de maltodextrina (0 y 1%).

Ambos factores evaluados, temperatura de secado y concentración de maltodextrina, tienen un efecto significativo en el pH del polvo reconstituido de *Aloe vera*. A mayor temperatura, se observa un leve aumento del pH; sucede de igual manera con el agregado de maltodextrina. Esto podría deberse a que la maltodextrina, posee un pH cercano a la neutralidad y su efecto diluyente sobre los ácidos orgánicos presentes en el gel, contribuye a una leve disminución de la acidez. Por otro lado, el incremento de la temperatura favorece la degradación térmica de compuestos ácidos y la evaporación de sustancias volátiles, lo cual también resulta en un aumento del pH.

No se detectó una interacción significativa, lo que indica que estos factores afectan el pH de manera independiente. Este conocimiento puede ser útil para optimizar las condiciones de proceso y mejorar la estabilidad del producto final.

Comparación con el pH del gel

Idealmente, se busca una mínima diferencia para mantener la estabilidad del producto luego de ser reconstituido. Se desea que el producto posea características similares a las del gel de partida.

Tabla 5: comparación entre pH inicial del gel sin tratar y pH del gel reconstituido posterior al tratamiento.

Tratamiento	pH Original Gel	pH Promedio Polvo	Diferencia Absoluta
T1	4,39	3,88	0,50
T2	4,57	4,17	0,39
T3	4,51	3,97	0,54

T4	4,68	4,24	0,43

La menor diferencia se observó en el tratamiento T3 (0.0156 unidades de pH), mientras que la mayor diferencia correspondió al tratamiento T2 (0,3733 unidades).

Análisis de color sobre el polvo seco (Espacio CIELAB)

El color de los polvos obtenidos fue analizado usando el sistema CIELAB, reportando los parámetros L* (luminosidad), a* (tendencia rojo-verde) y b* (tendencia amarillo-azul). Estos valores son indicadores claves para la aceptación sensorial y la estabilidad visual del producto.

Tabla 6: tabla ANOVA factorial para el análisis del parámetro de color a en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina y análisis de la interacción entre ambas.*

Fuente	F	p-valor	Significancia
Temperatura	8,4345	0,019763	Significativo
Maltodextrina	2,281	0,169152	No significativo
Temperatura: %Maltodextrina	3,1058	0,116034	No significativo

Valor de R^2 = 0,6334 para la componente a del espacio CIELAB de color.

Tabla 7: tabla ANOVA factorial para el análisis del parámetro de color b en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina y análisis de la interacción entre ambas.*

Fuente	F	p-valor	Significancia
Temperatura	20,4827	0,001935	Significativo
Maltodextrina	30,4636	0,000561	Significativo
Temperatura: %Maltodextrina	0,7381	0,415279	No significativo

Valor de R^2 = 0,8660 para la componente a del espacio CIELAB de color.

Tabla 8: tabla ANOVA factorial para el análisis del parámetro de color L en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina y análisis de la interacción entre ambas.*

Fuente	F	p-valor	Significancia
Temperatura	4,0727	0,078289	No significativo
Maltodextrina	17,9056	0,002870	Significativo
Temperatura: %Maltodextrina	2,2440	0,172507	No significativo

Valor de R^2 = 0,7517 para la componente a del espacio CIELAB de color.

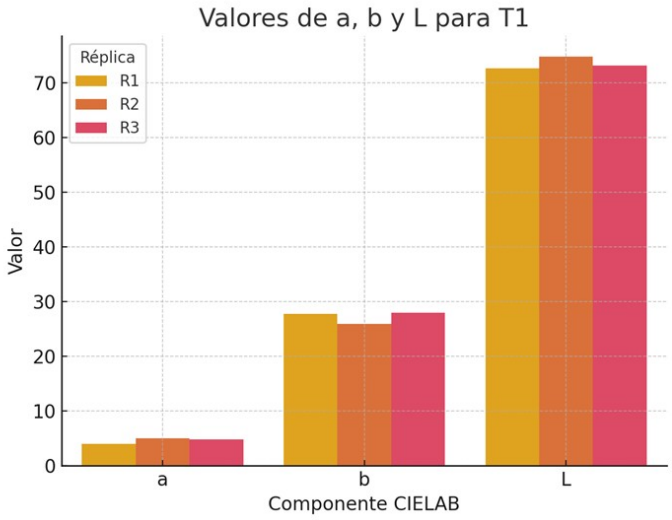


Figura 5. Gráfico de barras para los parámetros de color a,b* y L* de las distintas réplicas del polvo obtenido por tratamiento T1.*

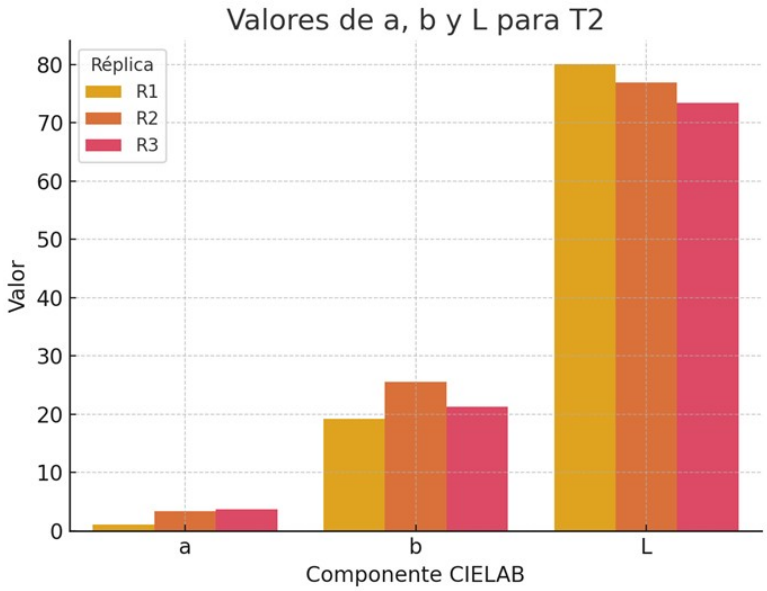


Figura 6. Gráfico de barras para los parámetros de color a,b* y L* de las distintas réplicas del polvo obtenido por tratamiento T2.*

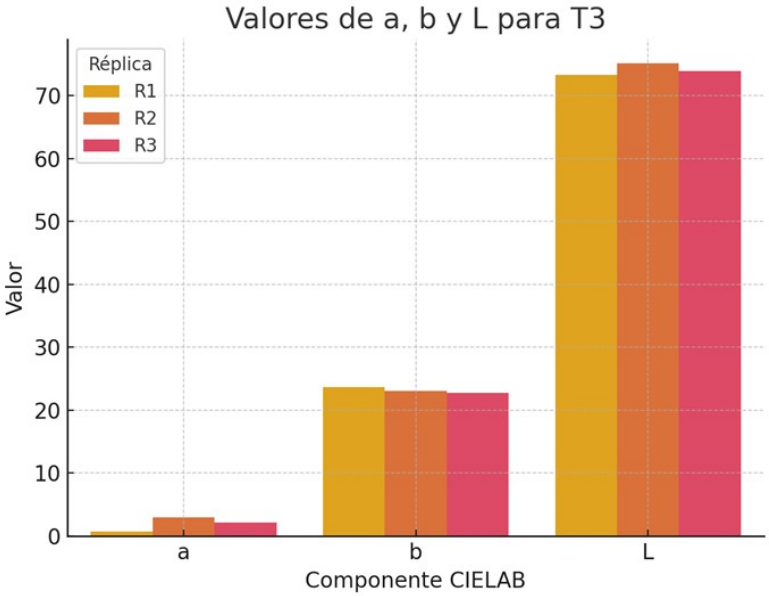


Figura 7. Gráfico de barras para los parámetros de color a,b* y L* de las distintas réplicas del polvo obtenido por tratamiento T3.*

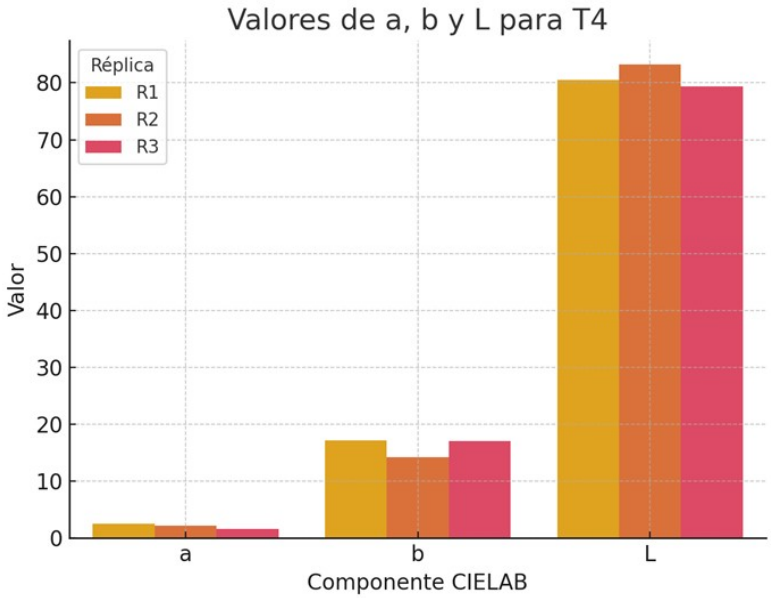


Figura 8. Gráfico de barras para los parámetros de color a,b* y L* de las distintas réplicas del polvo obtenido por tratamiento T4.*

Variación de Color (ΔE)

Para evaluar el impacto total de cada tratamiento sobre el color del polvo de aloe vera, se calculó la distancia euclidiana en el espacio CIELAB (ΔE) entre los valores promedio de cada tratamiento y el promedio global de todos los tratamientos, utilizando la fórmula clásica de diferencia de color:

$$\Delta E = [\sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}]$$

Donde (L_0, a_0, b_0) representa el valor promedio global y (L, a, b) los valores promedio de cada tratamiento.

El valor ΔE representa la diferencia total de color entre dos puntos en el espacio CIELAB. En este caso, indica qué tan distinto es el color promedio de cada tratamiento respecto al color promedio general. Valores bajos de ΔE indican mayor similitud cromática, es decir, un color más homogéneo y consistente. En aplicaciones industriales, ΔE menores a 1 suelen ser imperceptibles al ojo humano, y valores entre 1 y 2 se consideran apenas detectables.

La siguiente tabla muestra los valores promedio de color y su respectiva distancia ΔE para cada tratamiento:

Tabla 9: parámetros de color a, b* y L* promedio del polvo de aloe vera obtenido por medio de los tratamientos T1, T2, T3 y T4.*

Tratamiento	L promedio	a promedio	b promedio	ΔE
T1	73,5423	4,5800	27,2057	6,0627
T2	76,8290	2,7280	22,0777	0,4487
T3	74,1677	1,9400	23,1710	2,6104
T4	81,0567	2,0820	16,1523	7,6322

Entre todos los tratamientos, el que presentó la menor diferencia de color fue T2, con un ΔE = 0,4487. Esto podría deberse al efecto protector de la maltodextrina sobre los pigmentos sensibles al calor. T4, en cambio, presentó los valores cromáticos menos favorables, con una mayor oscuridad y desviación en a* y b*.

El análisis ANOVA reveló efectos significativos de la temperatura sobre el valor a* ($p = 0,019$), y de la maltodextrina en L y b* ($p < 0,01$). La interacción no fue significativa, lo que implicaría que ambos factores actúan de manera independiente sobre la coloración del polvo.

Dado que el objetivo era obtener un polvo más claro y homogéneo, se combinó el criterio de mayor luminosidad (L) con el menor valor de ΔE.

Bajo este criterio, se llegó a que el tratamiento que optimizaría ambos aspectos fue T2 (80 °C, 1% maltodextrina). Por lo tanto, T2 se considera el tratamiento más adecuado para obtener un polvo de aloe vera con color claro y uniforme, favorable principalmente desde el punto de vista estético para el alimento.

Análisis de la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH)

ABTS

Tabla 10: tabla ANOVA factorial para el análisis del parámetro de color L en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina y análisis de la interacción entre ambas.*

Fuente de variación	F	p-valor	Significancia
Temperatura	0,3423	0,0157	Significativa
Maltodextrina	17,0057	0,0033	Significativa
Temperatura: % Maltodextrina	4,3526	0,0704	No significativa

Se aplicó la prueba de Tukey HSD para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos:

Tabla 11: test de Tukey HSD entre tratamientos.

Comparación	Diferencia media (ppm)	p-valor	Diferencia significativa
T1 vs T2	247,14	0,002	Sí
T1 vs T3	156,45	0,045	Sí
T1 vs T4	217,60	0,008	Sí
T2 vs T3	-90,69	0,400	No

T2 vs T4	-29,54	0,902	No
T3 vs T4	61,15	0,627	No

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la actividad antioxidante en los polvos de *Aloe vera* muestran que tanto la temperatura del agua de calefacción utilizada durante el secado por Ventana de Refractancia como la proporción de maltodextrina adicionada influyen notablemente en la capacidad antioxidante del producto final. El análisis estadístico mostró que ambos factores actúan de manera independiente, sin interacción significativa entre ellos, lo que indicaría que sus efectos se sumarían.

Dentro de tratamientos evaluados, T1 (80 °C, 0% de maltodextrina) fue el que presentó la mayor actividad antioxidante, medida en equivalentes de trolox. Este resultado fue estadísticamente significativo frente a los demás tratamientos (T2, T3 y T4; $p < 0,05$), según el test de Tukey.

El modelo estadístico utilizado explicó el 79,33% de la variabilidad observada en los datos ($R^2 = 0,7933$), lo que confirma que las variables estudiadas tienen un efecto considerable sobre la actividad antioxidante del polvo producido.

DDPH

Tabla 12: tabla ANOVA factorial para el análisis de la capacidad antioxidante por el método del DPPH en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina.

Efecto	F	p-valor
Temperatura	7,6959	0,0108
% de Maltodextrina	2,8152	0,1069
Temperatura: % Maltodextrina	0,7039	0,4101

El modelo estadístico ajustado explicó el 37,87 % de la variabilidad observada en los valores de capacidad antioxidante determinados por DPPH (R^2 = 0,3787). Este valor indica una capacidad de ajuste aceptable, esperable en sistemas biológicos complejos como el gel de *Aloe vera*, donde la respuesta antioxidante depende de múltiples factores no siempre controlables o cuantificables. Si bien el modelo permite identificar tendencias generales y efectos significativos de las variables estudiadas, sería necesario incorporar otros factores (por ejemplo, composición fenólica, condiciones de almacenamiento o variaciones en el método de extracción) para mejorar su poder explicativo.

La temperatura de secado mostró un efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de antioxidantes (p = 0,0108). El aumento de temperatura reduce el tiempo de secado, lo que ayuda a preservar la concentración de antioxidantes al minimizar la exposición al oxígeno y la luz durante el proceso de secado.

En cuanto al agregado de maltodextrina, aunque no alcanza significancia estadística (p = 0,1069), se observa una leve tendencia de aumento de la concentración de antioxidantes a mayores porcentajes de maltodextrina. Este efecto no es concluyente; podría ser debido a variabilidad experimental o a una posible protección de los antioxidantes por encapsulación parcial con la maltodextrina.

No se encontró una interacción significativa (p = 0,4101). Esto indica que la temperatura de secado y el % de maltodextrina actúan de manera independiente en la concentración de antioxidantes, sin efectos combinados.

El presente análisis demuestra que el control adecuado de la temperatura durante el secado del gel de *Aloe vera* es crucial para conservar sus propiedades antioxidantes. La adición de maltodextrina, en cambio, no influye significativamente en la concentración de antioxidantes, aunque podría tener otras ventajas tecnológicas. Esta información es clave para optimizar el proceso de secado y producir polvos con alto valor funcional.

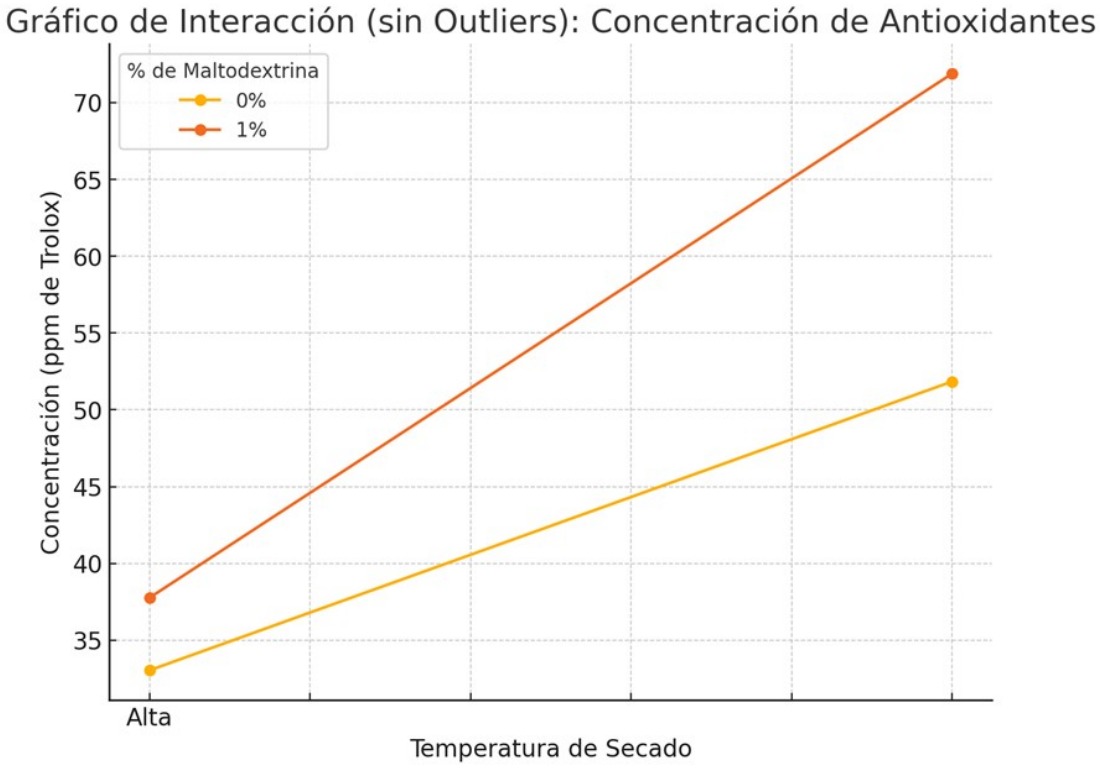


Figura 9. Gráfico de interacción entre las variables temperatura (80 y 90°C) y concentración de maltodextrina (0 y 1%) analizada para su influencia en la actividad antioxidante del polvo de Aloe vera medida por DPPH.

Análisis de humedad del polvo seco

Los valores de humedad obtenidos por tratamiento fueron:

Tabla 13: humedad del polvo obtenido por medio de los distintos tratamientos ensayados.

Tratamiento	Resultados
T1	10,0 ± 1,39 %
T2	10,0 ± 1,39 %
T3	9,31 ± 0,88 %
T4	9,31 ± 0,88 %

Tabla 14: tabla ANOVA factorial para el análisis de la humedad del polvo seco en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina.

Efecto	F	p-valor
Temperatura	0,19	0,6819
% de Maltodextrina	4,25	0,0943
Temperatura: % Maltodextrina	0,47	0,5218

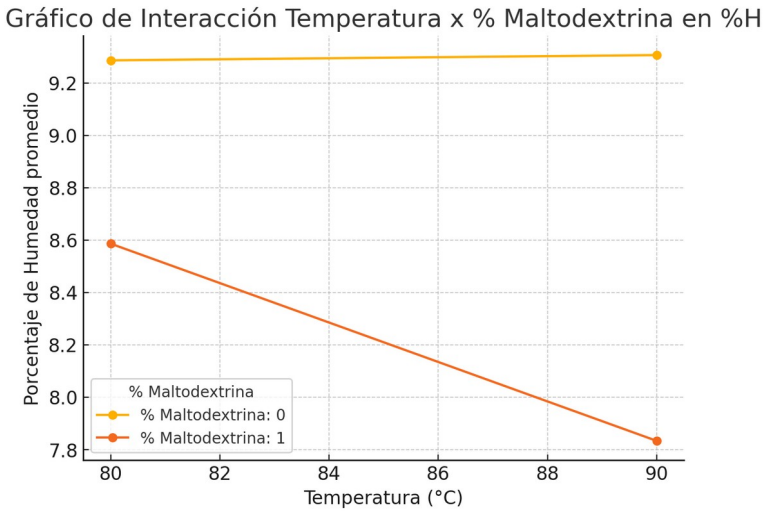


Figura 10. Gráfico de interacción entre las variables temperatura (80 y 90°C) y concentración de maltodextrina (0 y 1%) analizada para su influencia en la humedad del polvo de *Aloe vera*.

El R^2 del modelo es 45.52%, indicando que aproximadamente el 45% de la variabilidad en la humedad se explica por los factores incluidos.

Los resultados muestran que ninguno de los factores (temperatura y maltodextrina) presentan un efecto estadísticamente significativo sobre la humedad al nivel de confianza del 95% ($p > 0,05$). Sin embargo, la concentración de maltodextrina ($p = 0,0943$) se acerca al umbral de significancia. Esto sugiere que aumentar la concentración de maltodextrina podría contribuir a reducir la humedad final del producto, aunque se recomienda profundizar en estudios posteriores con mayor tamaño muestral para confirmar este efecto.

La interacción de los factores tampoco resultó estadísticamente significativa en el ANOVA.

Considerando un valor de humedad inicial 98%, los resultados muestran reducciones de humedad significativas, con valores de humedad

final entre 7,09% y 10,21%, lo que implica reducciones de humedad importantes, de entre 88.29% y 91.41% respecto de la humedad inicial.

Este rango confirma la eficacia del proceso de secado por ventana refractaria para disminuir de forma considerable la humedad del gel de aloe vera.

Análisis de actividad acuosa del polvo seco

Los valores de actividad acuosa obtenidos por tratamiento fueron:

Tabla 15: actividad acuosa (a_w) del polvo obtenido por medio de los distintos tratamientos ensayados.

Tratamiento	Resultados
T1	0,4169 ± 0,0037
T2	0,4440 ± 0,0107
T3	0,4202 ± 0,0201
T4	0,4714 ± 0,0147

Tabla 16: tabla ANOVA factorial para el análisis de la humedad del polvo seco en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina.

Efecto	F	p-valor
Temperatura	4,74	0,0724
% de Maltodextrina	25,05	0,0024
Temperatura: % Maltodextrina	2,06	0,2015

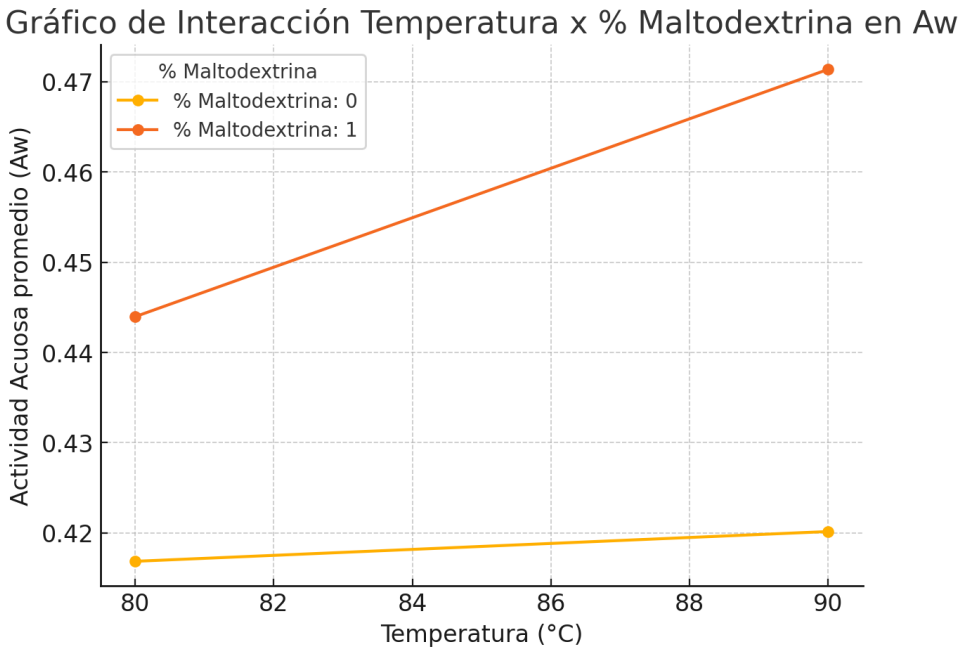


Figura 11. Gráfico de interacción entre las variables temperatura (80 y 90°C) y concentración de maltodextrina (0 y 1%) analizada para su influencia en la actividad de agua del polvo de *Aloe vera*.

La prueba de comparación múltiple de Tukey HSD mostró que los polvos obtenidos por los tratamientos que incluyeron 1% de maltodextrina en su formulación tuvieron una actividad acuosa promedio significativamente mayor (0,4577) que el grupo con 0% de maltodextrina (0,4197), para un p = 0,0024. Esto podría indicar que la incorporación de maltodextrina tiene un efecto significativo y positivo sobre la actividad acuosa.

El R^2 fue de 66%, indicando que el modelo explica un porcentaje considerable de la variabilidad de la actividad acuosa.

La temperatura de secado no exhibió un efecto estadísticamente significativo (p = 0,0724), aunque su valor de p se encontró cerca del

nivel de significancia, sugiriendo que podría ser un factor a considerar en estudios posteriores.

La interacción entre temperatura y maltodextrina no mostró un efecto estadísticamente significativo (p = 0.2015).

Análisis del índice de solubilidad del polvo seco

Los valores de índice de solubilidad obtenidos por tratamiento fueron:

Tabla 17: índice de solubilidad del polvo obtenido por medio de los distintos tratamientos ensayados.

Tratamiento	Resultados
T1	40 ± 7 s
T2	33 ± 4 s
T3	31± 4 s
T4	31 ± 1 s

Tabla 18: tabla ANOVA factorial para el análisis del indice de solubilidad del polvo seco en función de las variables temperatura (T) y % de maltodextrina.

Efecto	F	p-valor
Temperatura	1,20	0,3350
% de Maltodextrina	1,20	0,3350
Temperatura: % Maltodextrina	1,58	0,2771

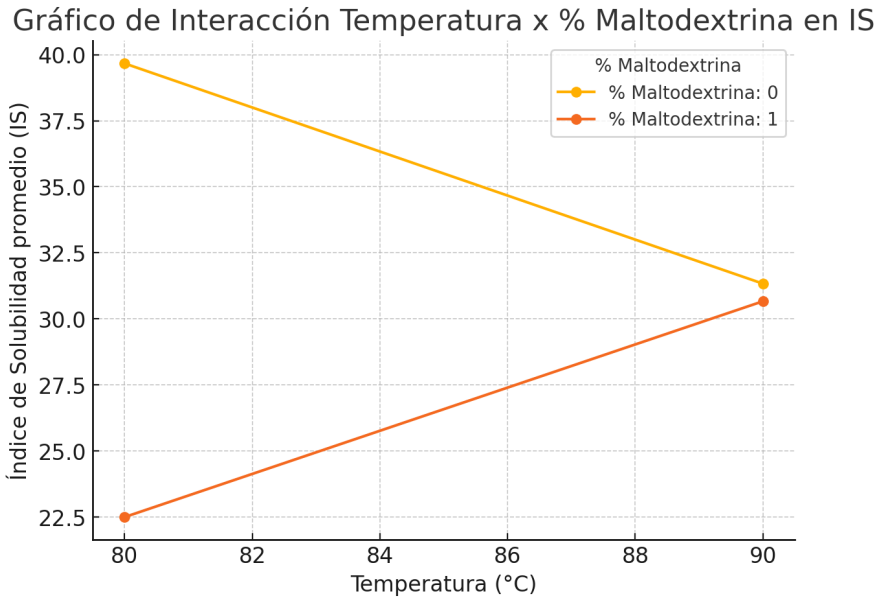


Figura 12. Gráfico de interacción entre las variables temperatura (80 y 90°C) y concentración de maltodextrina (0 y 1%) analizada para su influencia en la actividad de agua del polvo de *Aloe vera*.

Los resultados muestran que ninguno de los factores ni la interacción presentan un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de solubilidad al nivel de confianza del 95% ($p > 0,05$). Esto implicaría que, en el rango de condiciones evaluadas, la temperatura de secado y la concentración de maltodextrina no afectan significativamente el índice de solubilidad del polvo de aloe vera.

El valor de R^2 es 38.35%, lo que indica que el modelo explica aproximadamente el 38% de la variabilidad en el índice de solubilidad. Este valor es moderado y sugiere que otros factores no evaluados podrían estar influyendo.

Análisis global de los resultados

Los resultados obtenidos permiten identificar patrones consistentes en la influencia de la temperatura y el uso de maltodextrina sobre las características del polvo de Aloe vera producido mediante secado por ventana refractaria.

En cuanto a la temperatura de secado, la comparación entre los tratamientos a 80 °C y 90 °C evidencia que el aumento de temperatura afecta negativamente parámetros como el color, la actividad acuosa y la capacidad antioxidante. Aunque contribuye levemente a reducir la humedad, no genera beneficios significativos sobre otras variables críticas. El tratamiento a 80 °C mostró mejor conservación de antioxidantes y parámetros de calidad fisicoquímica.

La incorporación de 1% de maltodextrina tuvo efectos mixtos. Por un lado, ayudó a obtener polvos más claros (como se observó en T2) y redujo levemente la humedad final. Sin embargo, incrementó significativamente la actividad acuosa, disminuyendo el rendimiento del secado por pérdidas de producto y la capacidad antioxidante, especialmente la detectada por el método ABTS. Estos efectos sugieren que, en condiciones como las del presente estudio, el uso de maltodextrina no resulta beneficioso para preservar las propiedades funcionales del Aloe vera.

El tratamiento combinando alta temperatura y maltodextrina (T4) mostró resultados menos favorables en la mayoría de los parámetros evaluados. Esto sugiere una sinergia negativa entre ambas condiciones, posiblemente asociada a degradación térmica de los compuestos activos y retención de humedad por la matriz adicionada.

En resumen, los resultados respaldan la selección del tratamiento T1 como el más funcional, al conservar las propiedades bioactivas sin recurrir a coadyuvantes y al lograr un mejor rendimiento y estabilidad.

Imágenes



Figura 13. Forma correcta de realizar el corte de las pencas y su retiro de la planta durante la cosecha.



Figura 14. Pencas de Aloe vera Barbadensis Miller provenientes de una planta de aproximadamente 2 años de edad.

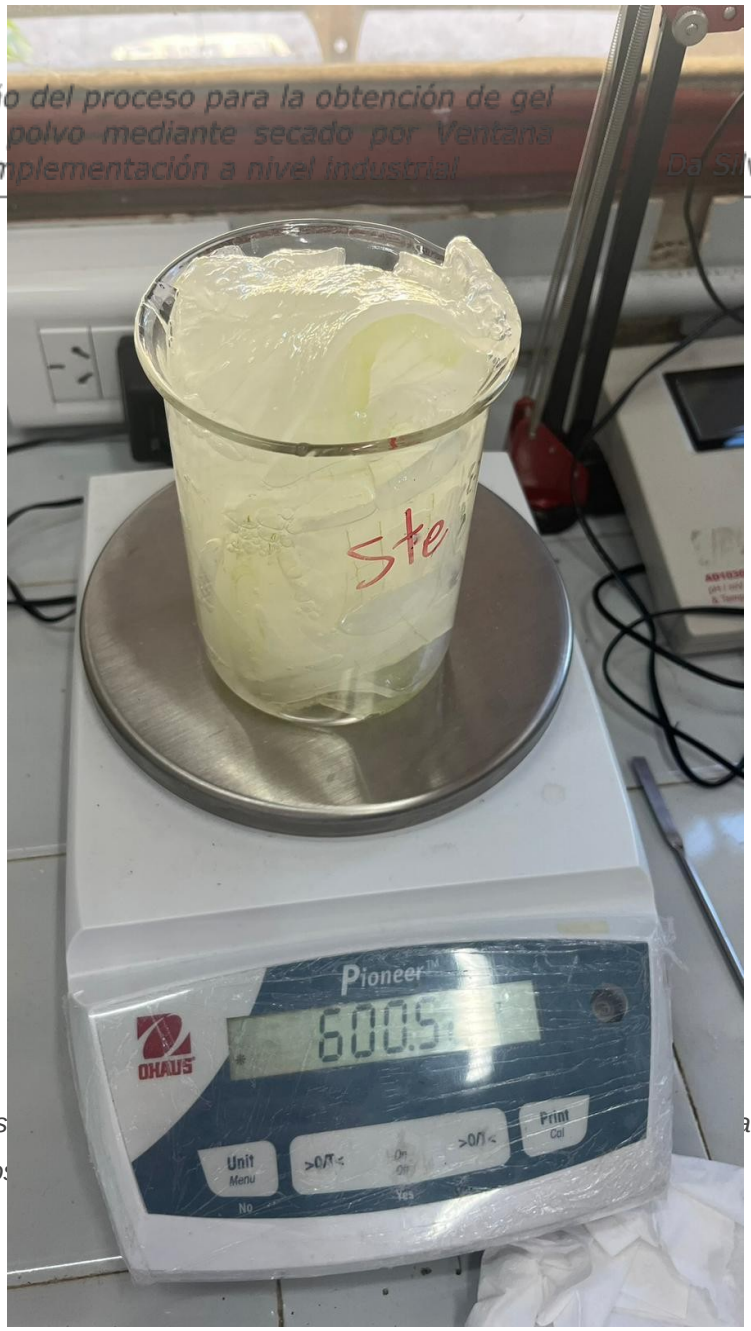


Figura 15. Pes a su pos



Figura 16. Homogeneización del gel de *Aloe vera.*

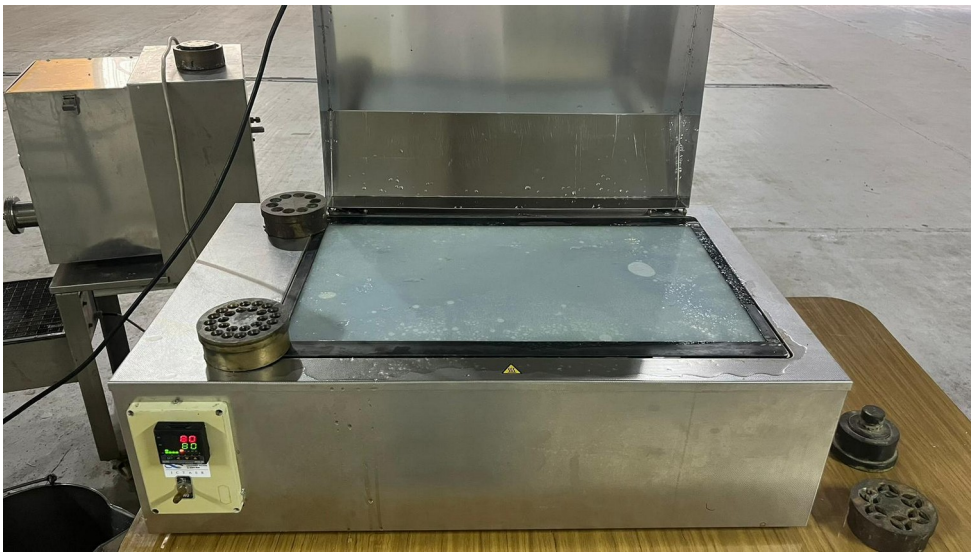


Figura 17. Equipo experimental de secado por Ventana refractaria. Superficie de secado cubierta con gel de aloe previamente procesado para su tratamiento.



Figura 18. Equipo experimental de secado por Ventana refractaria y sistema de ventilación (ventilador de pie).

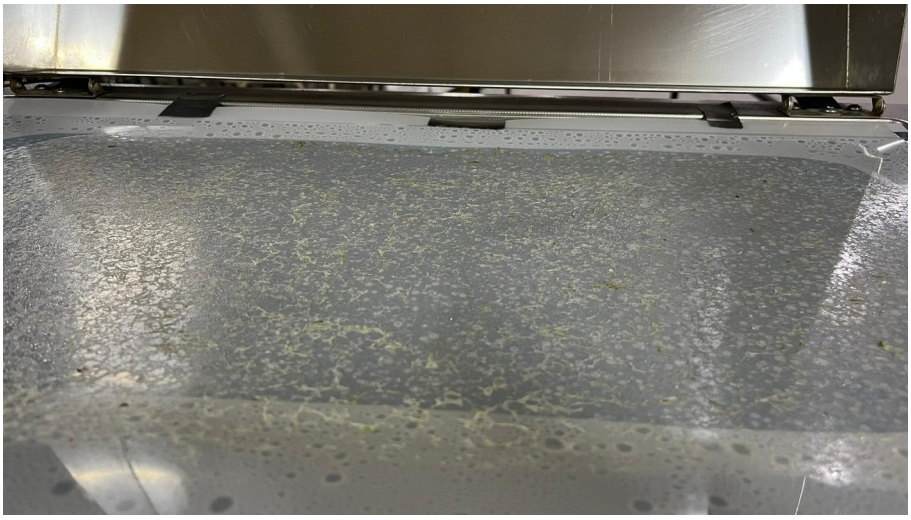
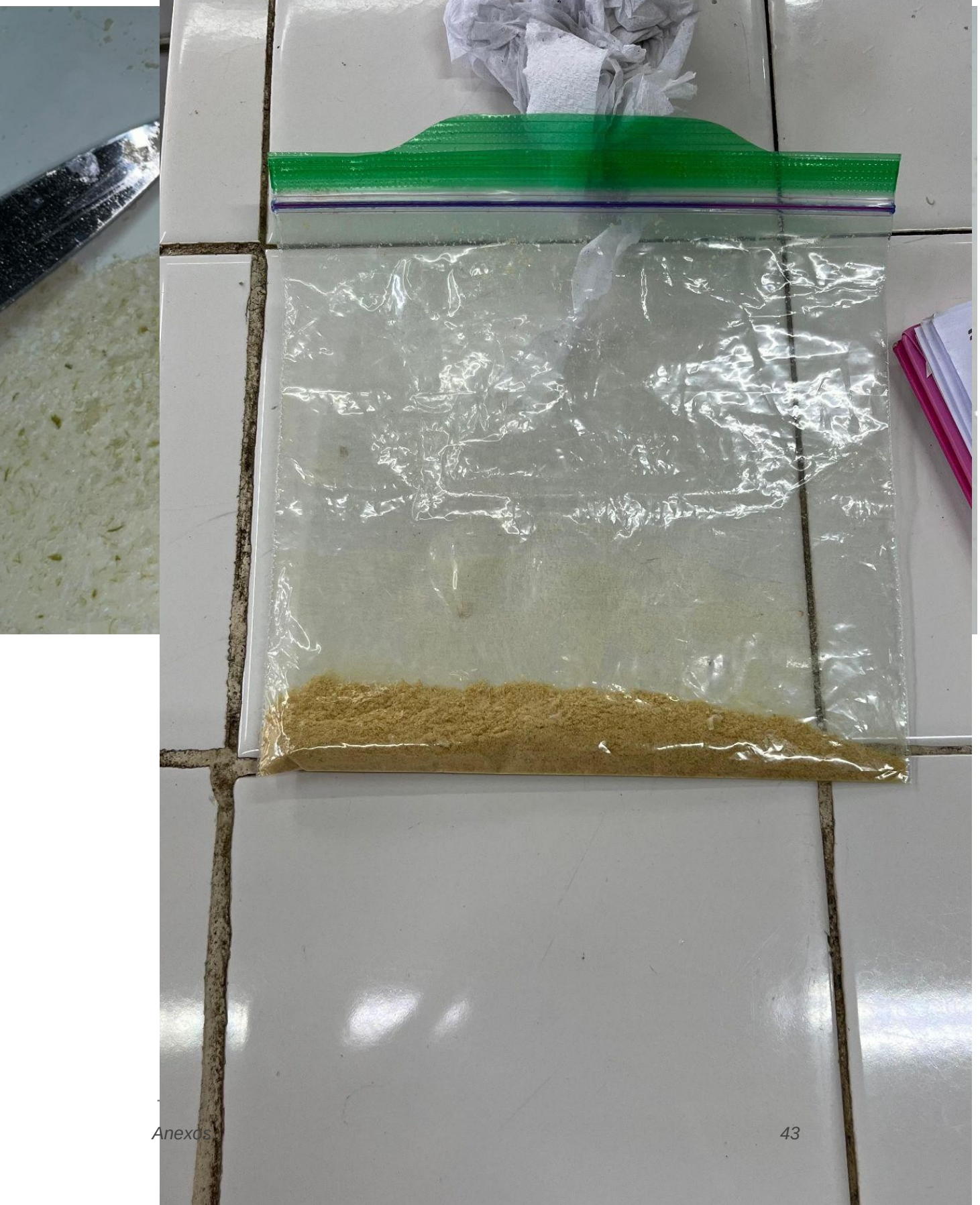


Figura 19. Gel de aloe luego de finalizar el proceso de secado.



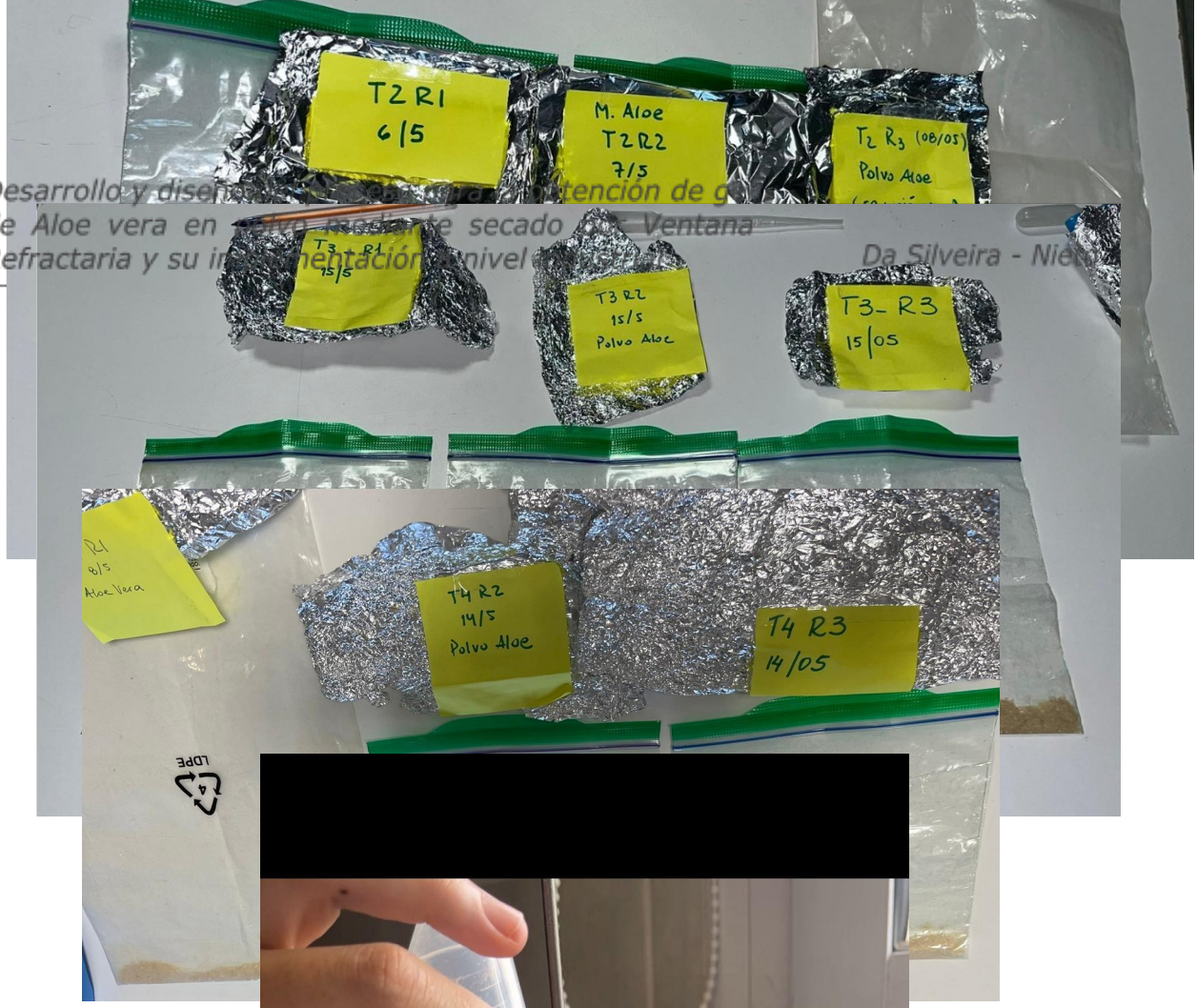
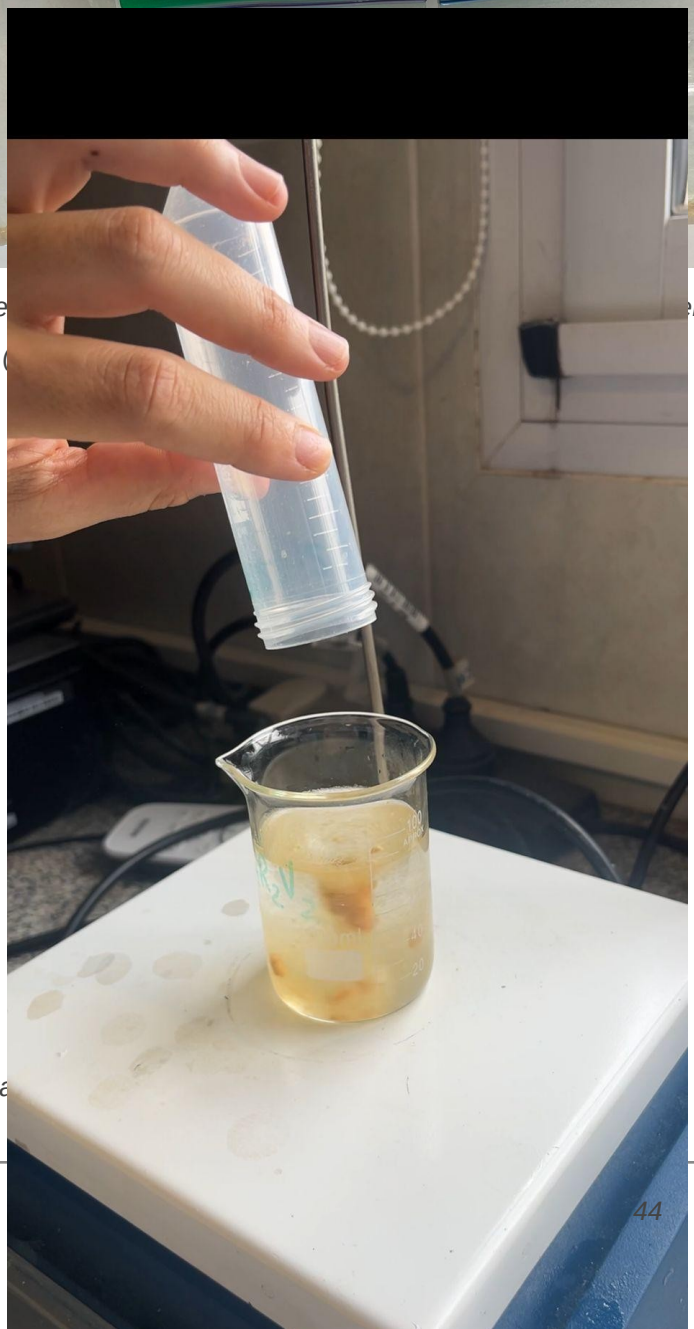


Figura 24. Polvo de aloe *enda*



Figura



Figura 26. E ... oe.



Figura 23. Ensa ... e aloe.



Figura 24. Ensayo de determinación de actividad antioxidante del polvo de aloe.

Bibliografía

(1) International Aloe Science Council. (2017). *Aloe vera quality standard*. https://www.iasc.org/Files/Downloads/17_0320_Aloe%20Vera%20Quality%20Standard_Board%20Approved.pdf

(2) Vega, A. G., Ampuero, N. C., Díaz, L. N., & Lemus, R. M. (2005). *El Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales*. *Revista Chilena de Nutrición*, 32(3), 208–214. https://doi.org/10.4067/S0717-75182005000300005

PARTE VII

Planos y diagramas

Diagrama de flujo

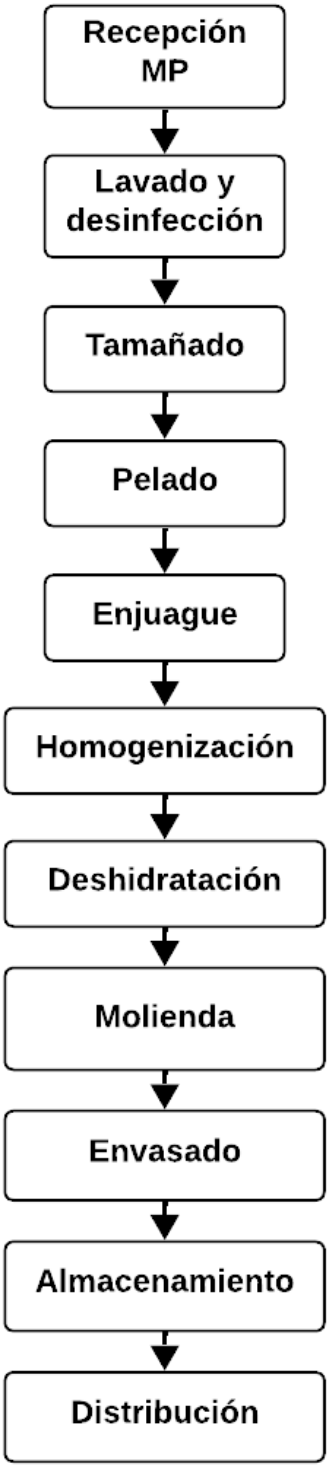


Figura 1. Diagrama de flujo.

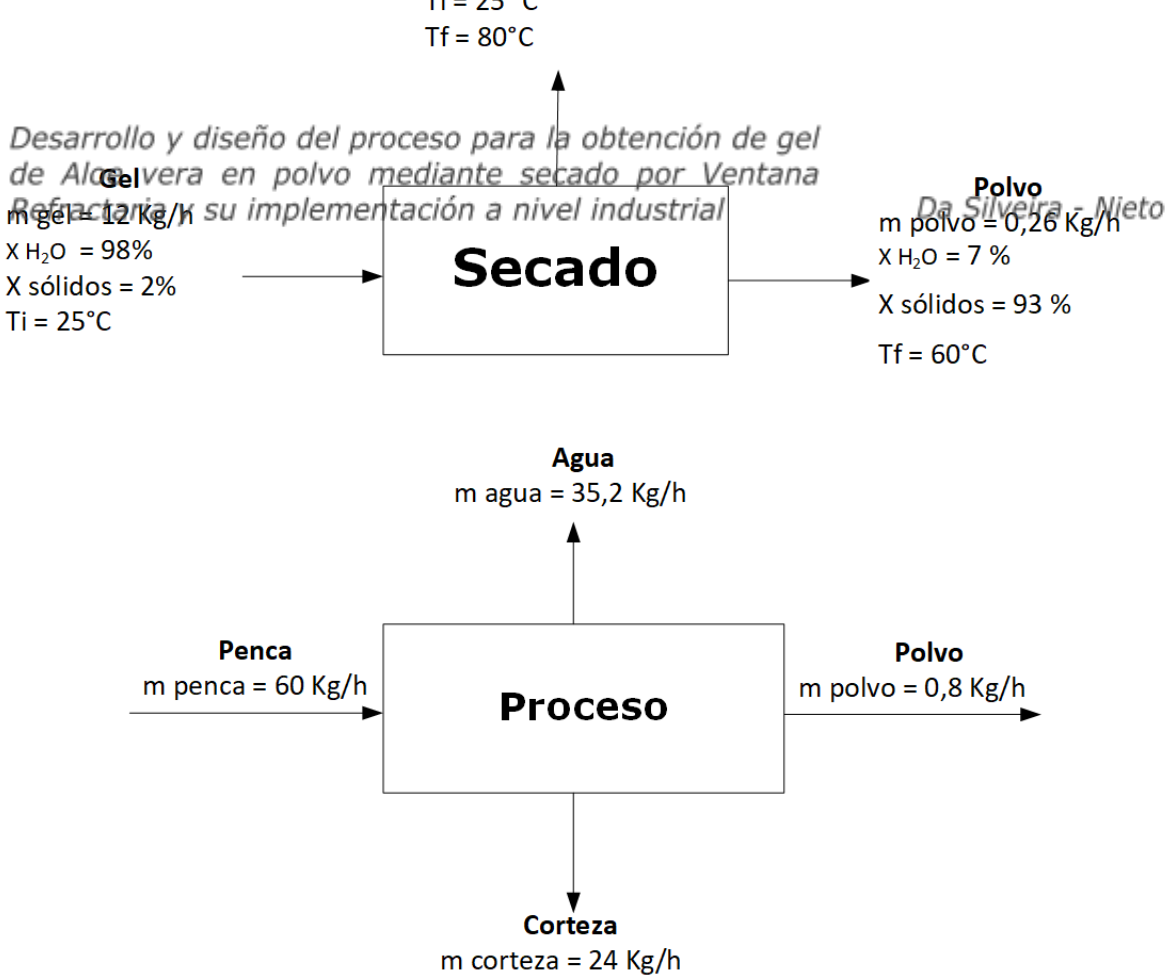


Figura 2. Esquema balance general de materia del proceso.

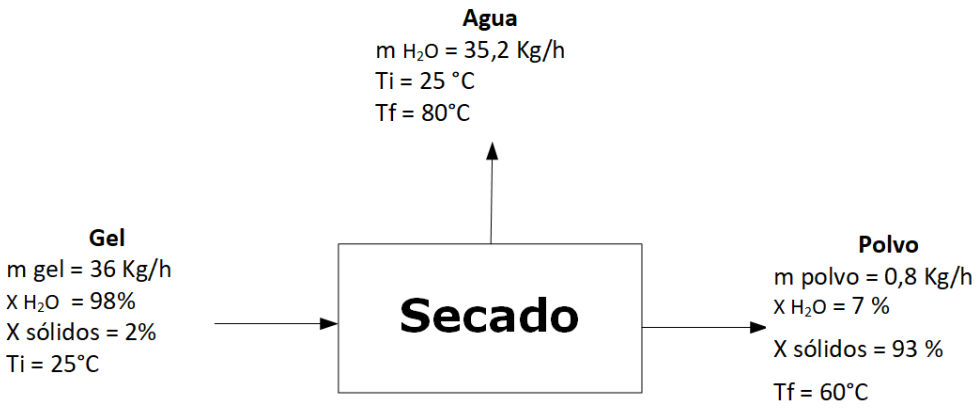


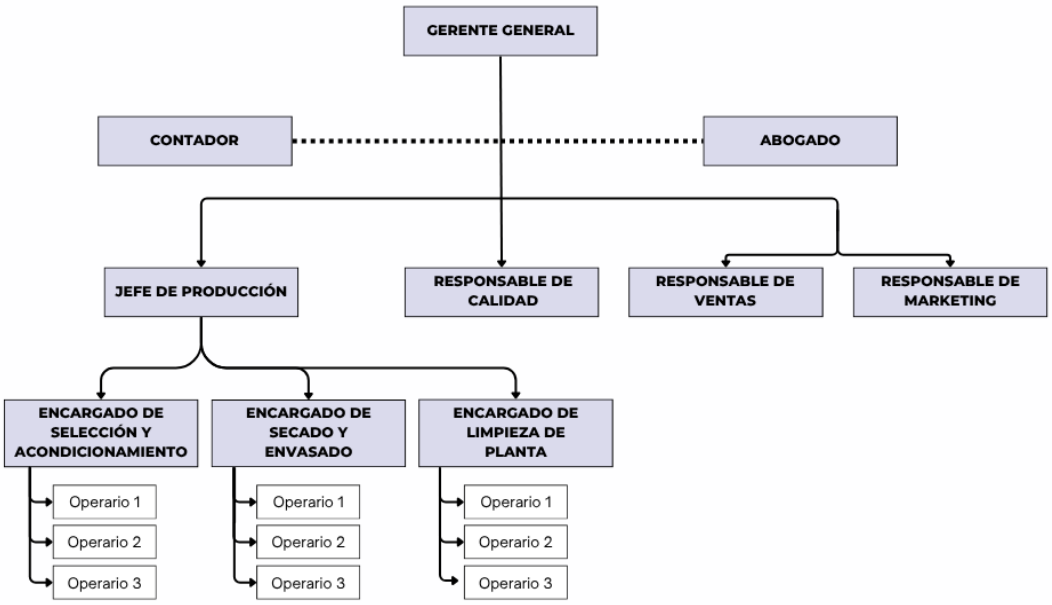
Figura 3. Esquema balance de energía de la etapa de secado.

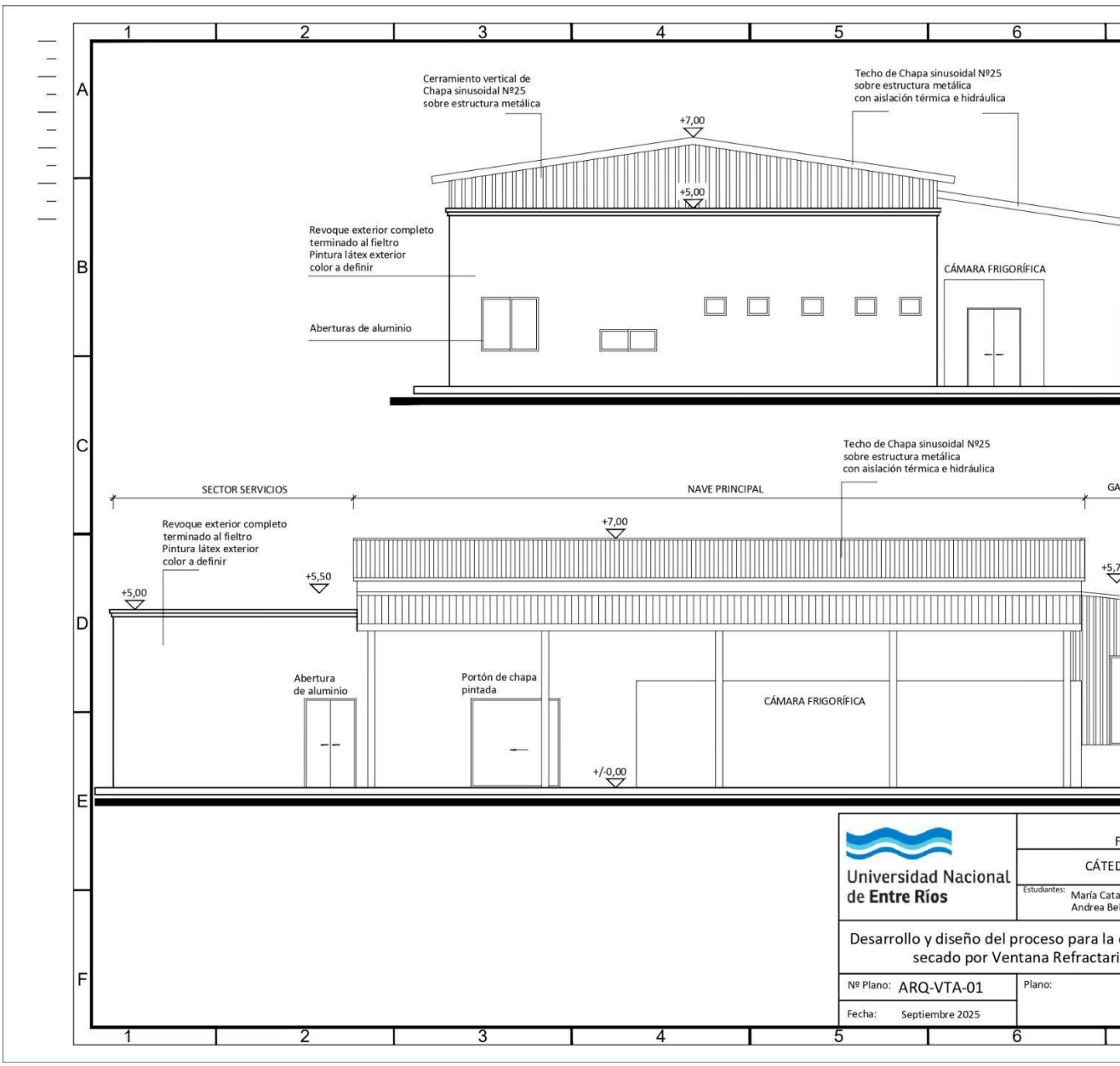
Instalación eléctrica

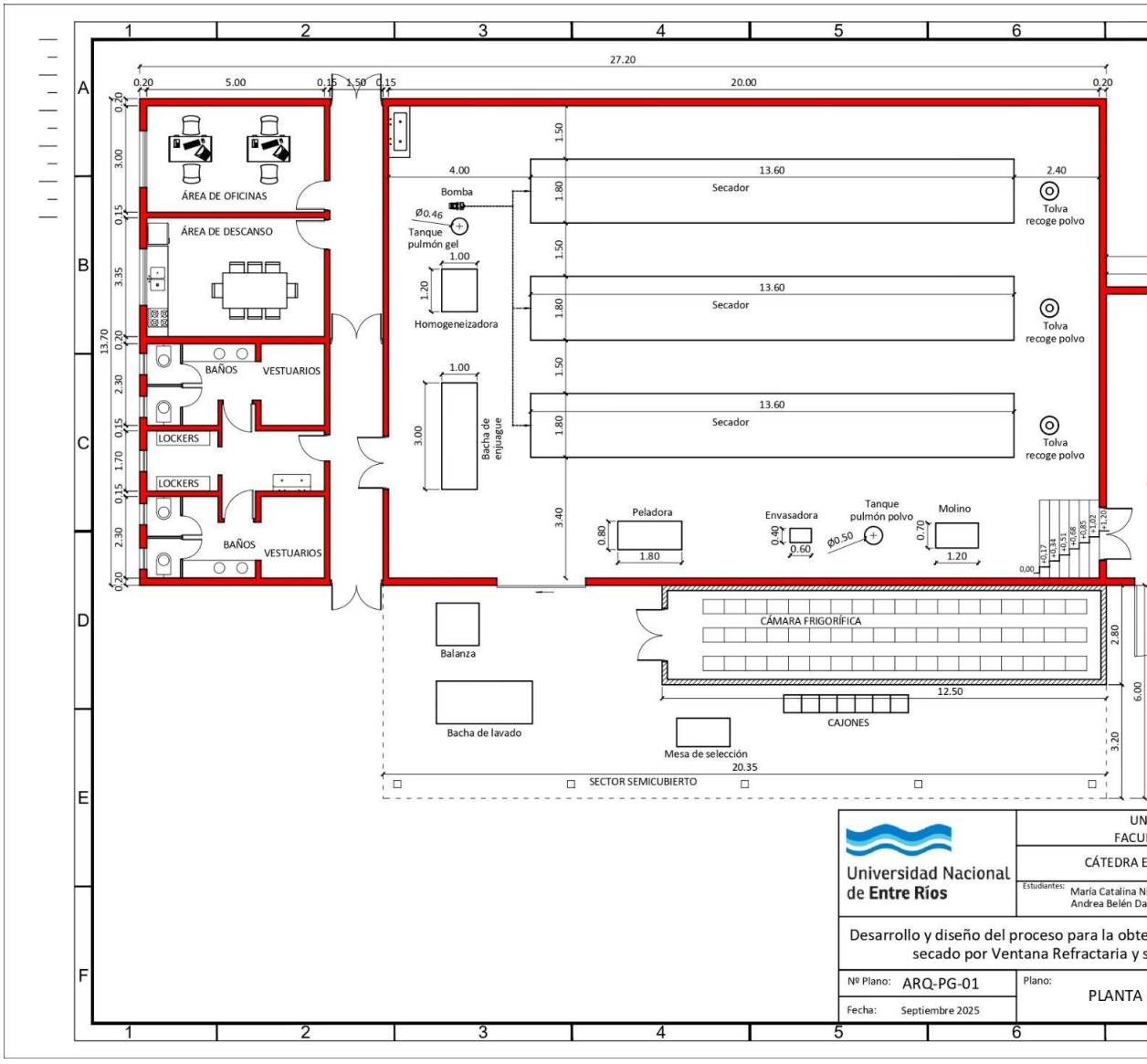
Tabla 1. Resumen por tablero seccional según Prysmian Sintenax Valio 0,6/1,1 kV (método E, bandeja).

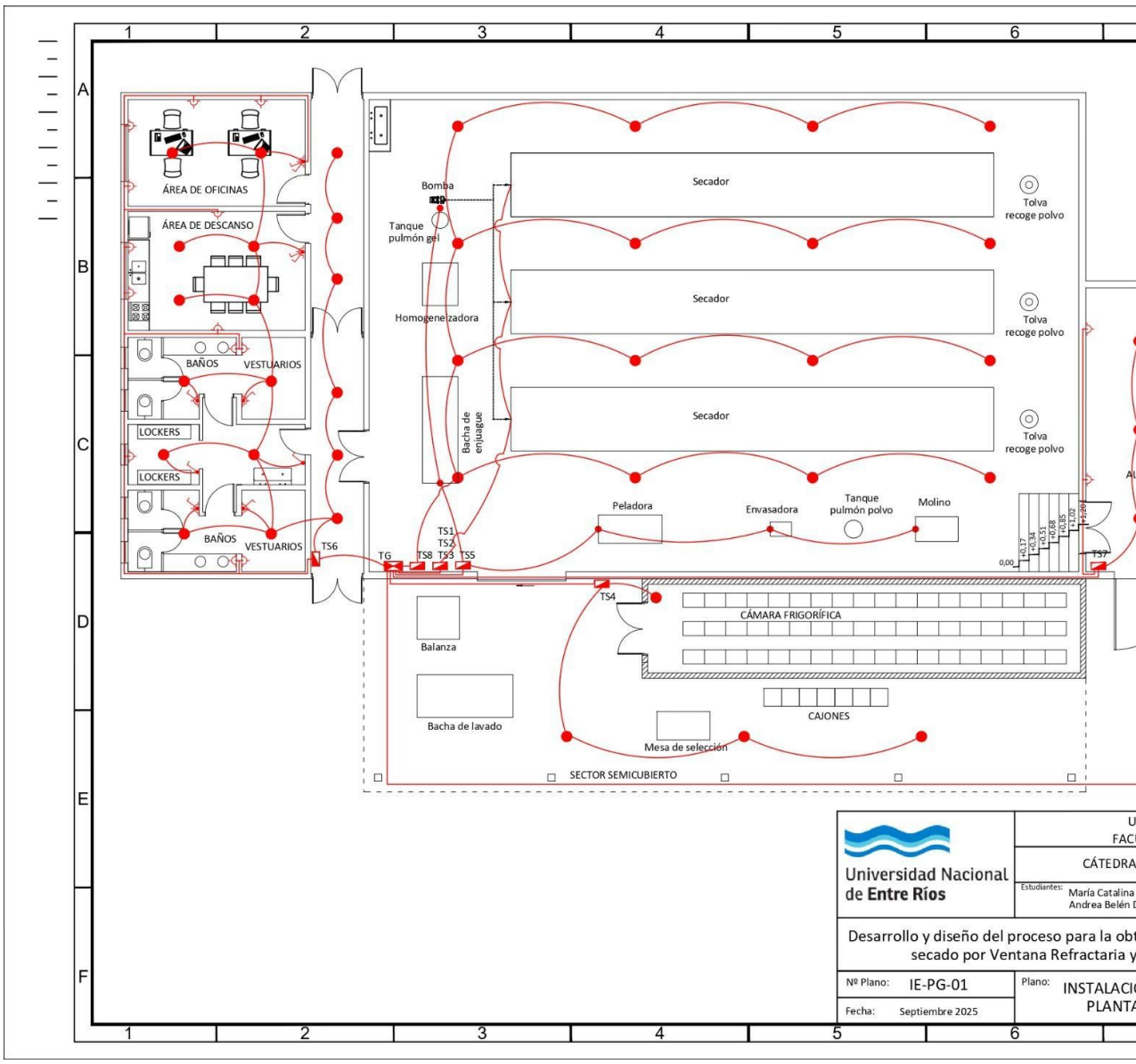
Tablero	Sección (mm2) desde TP a TS	Tablero	Equipo	Sección (mm2) desde TS a Equipo
General	95	**TS 1**	Secador 1	4 x 70
	95	**TS 2**	Secador 2	4 x 70
	95	**TS 3**	Secador 3	4 x 70
	4	**TS 4**	Cámara frigorífica	4 x 2,5
			Bacha de lavado	4 x 2,5
			Luminaria exterior	3 x 2,5
	10	**TS 5**	Peladora	4 x 2,5
			Túnel de enjuague	4 x 2,5
			Homogeneizadora	4 x 2,5
			Bomba Moyno	4 x 2,5
			Molino	4 x 2,5
			Envasadora/selladora	3 x 2,5
			Compresor	3 x 2,5
	2,5	**TS 6**	Iluminación nave secundaria, pasillo	3 x 1,5
			Oficinas	3 x 1,5
	2,5	**TS 7**	Iluminación galpón de almacenamiento	3 x 1,5
	2,5	**TS 8**	Iluminación nave principal	3 x 1,5

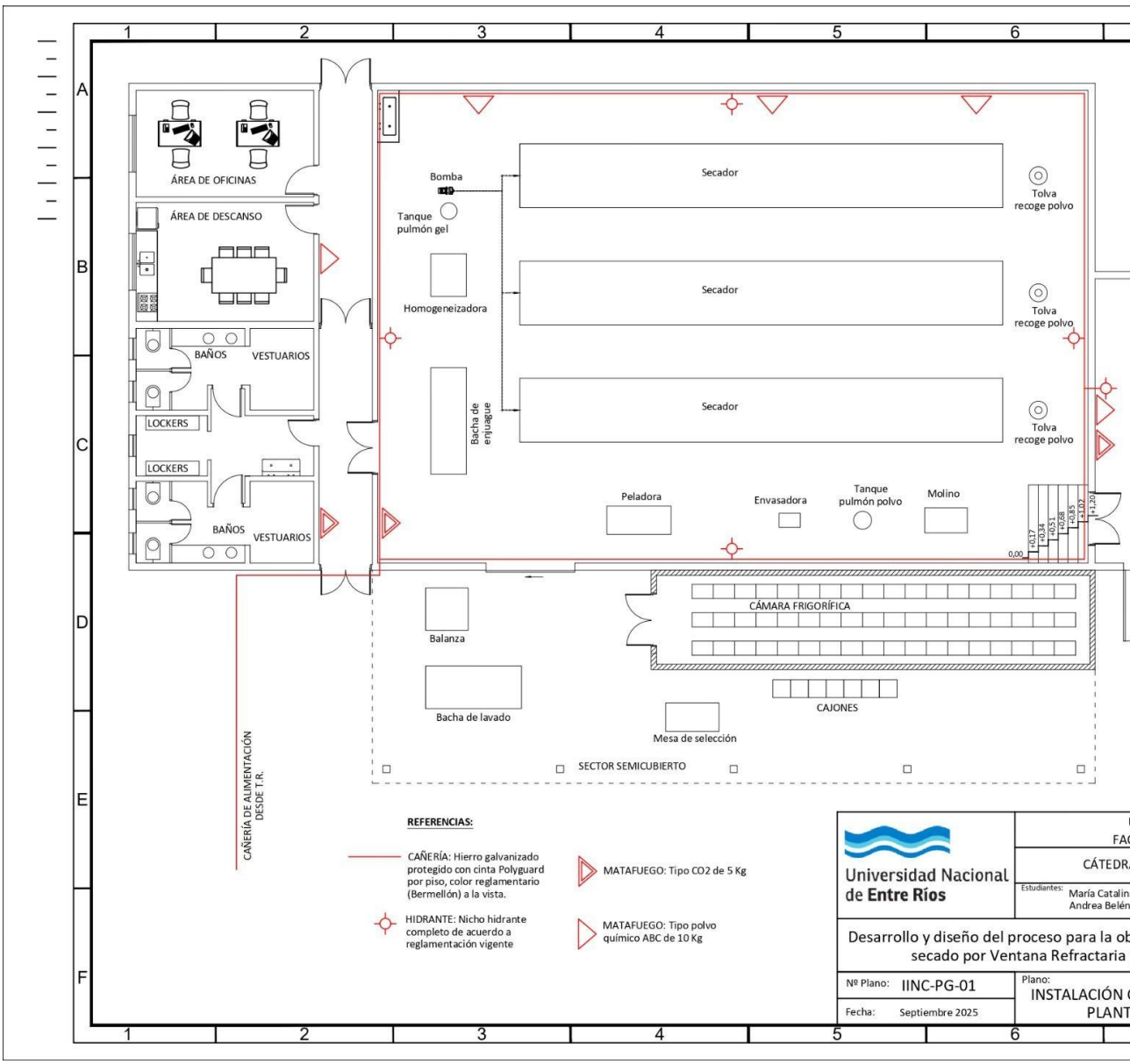
ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA - ALOVE S.A.S.

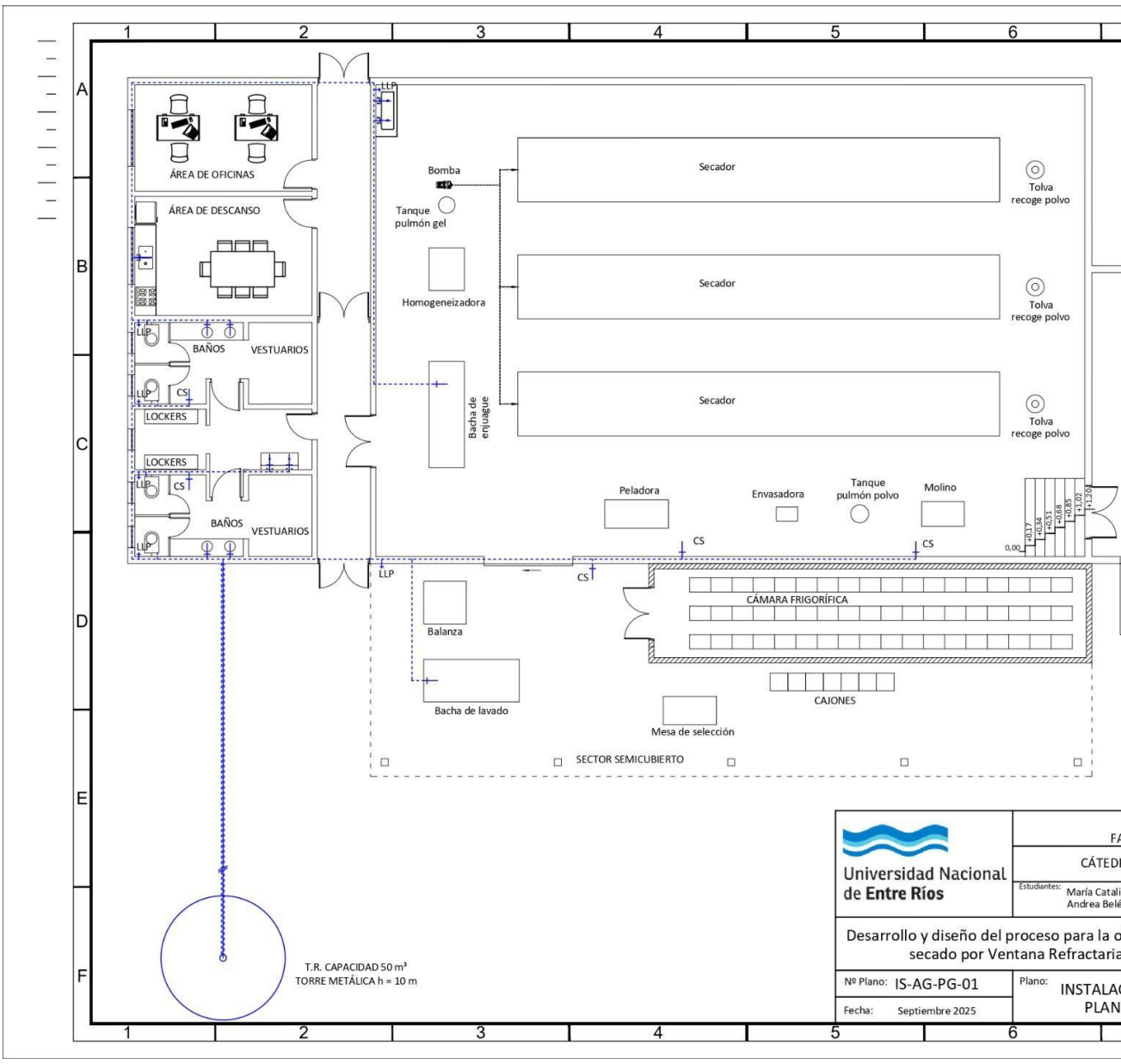



Cerramiento vertical de
Chapa sinusoidal Nº25
sobre estructura metálica
Techo de Chapa sinusoidal Nº25
sobre estructura metálica
con aislación térmica e hidráulica
+7,00
+5,00
Revoque exterior completo
terminado al fieltro
Pintura látex exterior
color a definir
Aberturas de aluminio
CÁMARA FRIGORÍFICA
Techo de Chapa sinusoidal Nº25
sobre estructura metálica
con aislación térmica e hidráulica
SECTOR SERVICIOS
NAVE PRINCIPAL
Revoque exterior completo
terminado al fieltro
Pintura látex exterior
color a definir
+7,00
+5,50
+5,00
Abertura
de aluminio
Portón de chapa
pintada
CÁMARA FRIGORÍFICA
+/-0,00
Universidad Nacional
de Entre Ríos
Estudiantes:
Desarrollo y diseño del proceso para la
secado por Ventana Refractari
Nº Plano: ARQ-VTA-01
Plano:
Fecha: Septiembre 2025


ÁREA DE OFICINAS
ÁREA DE DESCANSO
BAÑOS
VESTUARIOS
LOCKERS
LOCKERS
BAÑOS
VESTUARIOS
Bomba
Tanque pulmón gel
Homogeneizadora
Bacha de enjuague
Secador
Secador
Secador
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Peladora
Envasadora
Tanque pulmón polvo
Molino
CÁMARA FRIGORÍFICA
Balanza
Bacha de lavado
Mesa de selección
CAJONES
SECTOR SEMICUBIERTO
27.20
20.00
20.35
12.50
Universidad Nacional de Entre Ríos
Desarrollo y diseño del proceso para la obte
secado por Ventana Refractaria y s
Nº Plano: ARQ-PG-01
Fecha: Septiembre 2025
Plano:
PLANTA


ÁREA DE OFICINAS
ÁREA DE DESCANSO
BAÑOS
VESTUARIOS
LOCKERS
LOCKERS
BAÑOS
VESTUARIOS
TS6
Bomba
Tanque pulmón gel
Homogeneizadora
Bacha de enjuague
Secador
Secador
Secador
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Peladora
Envasadora
Tanque pulmón polvo
Molino
TG
TS1
TS2
TS8
TS3
TS5
TS4
TS7
CÁMARA FRIGORÍFICA
Balanza
Bacha de lavado
CAJONES
Mesa de selección
SECTOR SEMICUBIERTO
Universidad Nacional de Entre Ríos
Estudiantes:
Desarrollo y diseño del proceso para la obt
secado por Ventana Refractaria y
Nº Plano: IE-PG-01
Fecha: Septiembre 2025
Plano:


ÁREA DE OFICINAS
ÁREA DE DESCANSO
BAÑOS
VESTUARIOS
LOCKERS
LOCKERS
BAÑOS
VESTUARIOS
Bomba
Tanque pulmón gel
Homogeneizadora
Bacha de enjuague
Secador
Secador
Secador
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Tolva recoge polvo
Peladora
Envasadora
Tanque pulmón polvo
Molino
+0,17
+0,34
+0,51
+0,68
+0,85
+1,02
+1,20
0,00
Balanza
Bacha de lavado
CÁMARA FRIGORÍFICA
CAJONES
Mesa de selección
SECTOR SEMICUBIERTO
CAÑERÍA DE ALIMENTACIÓN DESDE T.R.
REFERENCIAS:
CAÑERÍA: Hierro galvanizado protegido con cinta Polyguard por piso, color reglamentario (Bermellón) a la vista.
HIDRANTE: Nicho hidrante completo de acuerdo a reglamentación vigente
MATAFUEGO: Tipo CO2 de 5 Kg
MATAFUEGO: Tipo polvo químico ABC de 10 Kg
Universidad Nacional de Entre Ríos
FAC
CÁTEDRA
Estudiantes: María Catalin
Andrea Belén
Desarrollo y diseño del proceso para la ob
secado por Ventana Refractaria
Nº Plano: IINC-PG-01
Fecha: Septiembre 2025
Plano:
INSTALACIÓN
PLANT


1
2
3
4
5
6
A
B
C
D
E
F
ÁREA DE OFICINAS
ÁREA DE DESCANSO
BAÑOS
VESTUARIOS
LOCKERS
LLP
CS
Bomba
Tanque pulmón gel
Homogeneizadora
Bacha de enjuague
Secador
Tolva recoge polvo
Peladora
Envasadora
Tanque pulmón polvo
Molino
0,00
+0,17
+0,34
+0,51
+0,68
+0,85
+1,02
+1,20
Balanza
Bacha de lavado
Mesa de selección
CÁMARA FRIGORÍFICA
CAJONES
SECTOR SEMICUBIERTO
T.R. CAPACIDAD 50 m³
TORRE METÁLICA h = 10 m
Universidad Nacional de Entre Ríos
Estudiantes:
María Catali
Andrea Belé
Desarrollo y diseño del proceso para la o
secado por Ventana Refractaria
Nº Plano: IS-AG-PG-01
Fecha: Septiembre 2025
Plano:
INSTALAC
PLAN