

**Diseño de una planta de polimerización, para producir resinas en emulsión,
utilizadas en la fabricación de productos arquitectónicos en la empresa Suprapinturas**

Christian Camilo Baena Sánchez

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:

MSc. Gabriel Jaime Rivera León

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI
Cadena de Industrial
Medellín
Julio 2021

Contenido

Lista de Figuras.....	5
Lista de Tablas	7
Lista de Ecuaciones.....	9
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Planteamiento del problema.....	14
Justificación	16
Objetivos.....	17
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	18
El proceso de Producción de Pinturas a partir Resinas.....	23
<i>Definición de Resinas</i>	23
<i>PVC en Pinturas</i>	24
<i>CPVC en las Pinturas</i>	24
Etapas de Fabricación de las Pinturas.....	28
<i>Alistamiento y pesaje</i>	28
<i>Empastada</i>	28
<i>Dispersión</i>	32
<i>Molienda</i>	32

	3
<i>Dilución</i>	33
<i>Tinturación</i>	34
<i>Envasado y etiquetado</i>	34
Diseño de Instalaciones Industriales	36
<i>Caracterización del producto</i>	36
Proceso de Fabricación de Resinas en Emulsión	38
Generalidades	38
<i>Etapas de Fabricación de Resinas en Emulsión</i>	40
<i>Alistamiento y selección de materias primas</i>	40
<i>Preparación de pre-reactor o pre-emulsión</i>	40
<i>Preparación de solución iniciador de reacción</i>	40
<i>Preparación de reactor – solución micelar</i>	41
<i>Progreso de la polimerización</i>	41
Requerimiento de Materiales	43
Requerimiento de Maquinaria y Equipos	50
<i>Equipos para el Manejo de Materiales</i>	55
<i>Cálculo de Máquinas y Equipos</i>	57
<i>Cálculo de Mano de Obra</i>	58
Distribución de Espacios Método SLP	63
Método Guerchet	69

Métodos usados para el cálculo de los costos asociados un proyecto de diseño de una planta industrial.....	73
Normatividad y Legislación del Diseño de Instalaciones Industriales en Colombia.....	81
<i>Título II – Capítulo I – Edificios y Locales</i>	81
<i>Título II - Capítulo XI – Sustancias Inflamables y Explosivas</i>	82
<i>Título III - Capítulo II – Equipos y Elementos de Protección</i>	83
<i>Título V – Capítulo I – Código de Colores</i>	84
<i>Título VI – Capítulo I - Prevención de Incendios</i>	85
<i>Título VIII — Capítulo I - Máquinas, Equipos y Aparatos en General</i>	86
<i>Almacenamiento Seguro de Sustancias Químicas</i>	87
Conclusiones	88
Referencias.....	91

Lista de Figuras

Figura 1 Gráfica consumo de resina EA	20
Figura 2 Gráfica consumo de resina VA	20
Figura 3 Gráfica consumo de resina AP	21
Figura 4 PVC > CPVC	25
Figura 5 PVC < CPVC	25
Figura 6 PVC = CPVC	26
Figura 7 Variación de características de la pintura según el PVC.....	26
Figura 8 Bodega de materias primas.....	28
Figura 9 Dispensor de fabricación de pinturas	30
Figura 10 Viscosidad de dispersión perfecta	30
Figura 11 Viscosidad de dispersión alta	31
Figura 12 Viscosidad de dispersión baja	31
Figura 13 Disco cowles.....	32
Figura 14 Equipo de molienda.....	33
Figura 15 Tanque de fabricación de pinturas.....	33
Figura 16 Proceso de tinturación de pinturas.....	34
Figura 17 Máquina de envasado automático	35
Figura 18 Reactor de pruebas de laboratorio	39
Figura 19 Etapas de polimerización.....	43
Figura 20 Tanque prereactor.....	50
Figura 21 Tanque reactor.....	51

Figura 22 Bomba de desplazamiento positivo	52
Figura 23 Caldera de vapor.....	53
Figura 24 Máquina montacargas.....	55
Figura 25 Paletizadora manual	56
Figura 26 Estibas de madera.....	56
Figura 27 Distribución de zonas de planta.....	68
Figura 28 Disposición general de la planta	68
Figura 29 Superficie de evolución método Guerchet	69
Figura 30 Valores de k – método Guerchet.....	70
Figura 31 Plano 2D – propuesta	90

Lista de Tablas

Tabla 1	Variación Anual de Precios de Resinas	18
Tabla 2	Proyección de Consumo de Resinas en la Empresa.....	19
Tabla 3	Estimación de la Demanda Proyectada.....	21
Tabla 4	Orden de Adición de Materias Primas	29
Tabla 5	Especificaciones técnicas de Producto	37
Tabla 6	Formula guía del Producto.....	42
Tabla 7	Lista de monomeros.....	44
Tabla 8	Materias primas- surfactantes	45
Tabla 9	Materias primas- coloides protectores	46
Tabla 10	Materias primas- iniciadores de reacción	47
Tabla 11	Materias primas- agentes modificadores	48
Tabla 12	Tiempos de procesamiento de resinas.....	61
Tabla 13	Relación de zonas de planta.....	63
Tabla 14	Orden de proximidad en zonas productivas.....	64
Tabla 15	Evaluación de proximidd entre zonas productivas	65
Tabla 16	Selección de áreas principales -SLP.....	66
Tabla 17	Selección de áreas secundarias -SLP	67
Tabla 18	Cálculo de espacios requeridos en planta	71
Tabla 19	Inversión de elementos y mobiliarios	73
Tabla 20	Inversión en maquinaria y equipos	74
Tabla 21	Inversión en obras civiles.....	76

Tabla 22 Inversión en capital de trabajo	76
Tabla 23 Inversiones proyectadas	77
Tabla 24 Costo proyectado capital de trabajo	78
Tabla 25 Costo proyectado de formula de producto	78
Tabla 26 Kg de producto proyectado por año	78
Tabla 27 Flujo de caja del proyecto	79
Tabla 28 Cálculo del VAN y TIR	80

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Cálculo del PVC en pinturas.....	24
Ecuación 2: Cálculo CPVC en Pinturas.....	24
Ecuación 3: Cálculo de Máquinas Necesarias.	57
Ecuación 4: Cálculo Fondo Productivo Equipo.....	57
Ecuación 5: Cálculo Efectividad.....	58
Ecuación 6: Cálculo Número de Trabajadores.	58
Ecuación 7: Cálculo Takt Time	58
Ecuación 8: Cálculo tiempo Ocioso.....	59
Ecuación 9: Cálculo Tiempo Disponible Neto.	59
Ecuación 10: Cálculo Superficie de Gravitación.....	70
Ecuación 11: Cálculo Superficie de Evolución.	70

Resumen

Por medio del siguiente proyecto se pretende aportar a la empresa Suprapinturas, una propuesta relacionada con el diseño de una planta de fabricación de resinas en emulsión, que permitan a mediano y largo plazo atender adecuadamente las necesidades detectadas en términos de costos de producción y logística, logrando de esta manera proyectar un mejor posicionamiento de la nueva marca de pinturas en términos de competitividad y atención al cliente final.

Como punto de partida se tiene que las formulaciones de pinturas están en su mayoría derivadas del uso de resinas o polímeros funcionales, que son los materiales encargados de impartir las propiedades finales al producto, en función del tipo de superficie que se requiere proteger. Por otra parte, se estima que la adquisición de estos materiales (resinas) en los mercados de abastecimiento del sector químico local tienden a ser complejas dado el nivel de incremento de precios, calidad relativa y disponibilidad logística.

Para ello se plantea un diseño de una planta de polimerización en emulsión mediante el uso de un reactor tipo batch, que permita a la organización tener una alternativa factible para la producción a gran escala de resinas que sean utilizadas como materia prima directa en la fabricación de productos de la línea arquitectónica que representa alrededor de un 60% del portafolio de la empresa.

Palabras Clave:

Diseño de plantas industriales, polimerización en emulsión, proyectos, pinturas, materiales de Ingeniería.

Abstract

Through the following project, it is intended to provide the Suprapinturas company with a proposal related to the design of a manufacturing plant for emulsion resins, which will allow, in the medium and long term, to adequately meet the needs detected in terms of production and logistics costs, achieving in this way to project a better positioning of the new paint brand in terms of competitiveness and customer service.

As a starting point, the paint formulations are mostly derived from the use of functional resins or polymers, which are the materials in charge of imparting the final properties to the product, depending on the type of surface that needs to be protected. On the other hand, it is estimated that the acquisition of these materials (resins) in the supply markets of the local chemical sector tends to be cumbersome given the level of change in prices, quality, and availability.

For this, a design of an emulsion polymerization plant was proposed through the use of a batch type reactor, which allows the organization to have a feasible alternative for the large-scale production of resins that are used as direct raw material in the manufacture of products from the architectural line that represents around 60% of the company.

Keywords:

Design of industrial plants, emulsion polymerization, projects, paints, Engineering materials

Introducción

Las resinas o látex en emulsión son compuestos formados a partir de reacciones químicas complejas entre monómeros y otras materias primas que dan como resultado una macromolécula que sirve como material aglutinante o adhesivo sobre muchos tipos de sustratos. Por esta razón las resinas son usualmente utilizadas en una gran variedad de aplicaciones en los procesos de la industria textil, papel, cartón, madera, pinturas, etc.

Específicamente se puede decir que el mercado de fabricación de resinas estará directamente relacionado con el consumo de pinturas, barnices y revestimientos similares, dado que es un componente principal en las formulaciones de estos productos, teniendo en cuenta que su aporte puede variar de un 2 a 5% en masillas, 15 a 30% en pinturas arquitectónicas; hasta un 70 % o más en formulaciones de imprimantes para losas de concreto o productos especiales de protección y decoración. Es de mencionar que dicho porcentaje es una aproximación dadas por algunos fabricantes de resinas y que son de carácter orientativo, dado que pueden variar en función del costo y necesidades de cada fabricante.

De acuerdo con (Higuera Palacio, 2021) se proyecta que el mercado global de pinturas y recubrimientos crecerá de USD 147.200 millones en 2020 a USD 179.400 millones para 2025, a una tasa compuesta anual del 4%, entre 2020 y 2025. El aumento de la población urbana es un factor significativo para la creciente demanda de edificación y construcción y embalaje.

Adicionalmente se pronostica también que la industria de pinturas y recubrimientos tendrán un valor de mercado de USD 106.000 millones en la región de Asia Pacífico en 2024, lo que convierte a esta región en el mayor consumidor en función del valor. Se espera que Europa sea el

segundo mercado más grande de pinturas y recubrimientos en el mundo ese año, con USD 37200 millones.

Por su parte en Colombia la distribución geográfica de producción de pinturas está centrada en 4 departamentos: Antioquia (60,2%), Valle del Cauca (14,5%), Bogotá (14,1%) y Cundinamarca (7,7%). En Antioquia el promedio de la producción se distribuyó en siete eslabones: pinturas de emulsión al agua (46,7%), pinturas base solvente (16,8%), barnices y lacas (11,2%), pigmentos y colores preparados (9,7%), tintas (7,9%), masillas (5,3%) y otros (2,4%). (Higuera Palacio, 2021).

Con base en el comportamiento, variación y las condiciones de este importante mercado químico, el siguiente proyecto pretende diseñar una planta de fabricación de resinas que permita a la empresa Suprapinturas suplir las necesidades de producción y abastecimiento, debido a sus volúmenes de producción y adquisición futuros, permitiendo tener productos de excelente calidad y un mejor desempeño en su logística, que atienda de forma efectiva la demanda y consumo de los clientes.

De acuerdo con lo anterior en la primera parte de este proyecto se analiza de manera general las etapas de fabricación y obtención de pinturas arquitectónicas mediante el uso de resinas o látex en emulsión. En la segunda parte se considera el análisis referente al diseño de la planta de polimerización para la fabricación de resinas, como un insumo de consumo interno en la línea de productos de la empresa, teniendo en cuenta las necesidades de materias primas, procesos, equipos, mano de obra y costos asociados a la viabilidad de este proyecto a largo plazo. En la tercera parte se realiza el diseño y distribución de la planta de fabricación con base a los parámetros establecidos mediante el uso del método Guerchet y SLP.

Planteamiento del problema

De acuerdo con (Higuita Palacio, 2021), para el año 2019, Pintuco Colombia del Grupo Orbis mantuvo su liderazgo frente a Invesa (Pinturas Sapolin), mientras que Sun Chemichal Colombia ocupó el tercer lugar seguido de Colorquímica y Ferro Colombia. Posteriormente se situaron PPG Industries Colombia y su filial PSTC, Toxement, HB Fuller Colombia, Química Cosmos, Preflex, y Aquaterra. Mas atrás se posicionaron Cerescos, Pinturas Tito Pabón, Corlanc, Pinturas Tonner, Pinturas Every, Hexion Química, Mapei Colombia, Pintubler de Colombia, Pinturas Super, Pquim, Industrias Lember, Griccoat de Colombia, Blastingmar, y Pegomax.

Por otro lado, entre las empresas restantes se distinguieron en 2019 por su dinamismo Siegwerk Colombia, Panel Rock Colombia, Pinturas Imperio, Vitraccoat Colombia, Grupo Sánchez Colombia, Grafitintas, Pintuflex, Pinturas Idea, Pinturas Industriales, Sherwin Williams Colombia, Autocolores G, Pinturas Indupin, Vinci Coatings, Axalta Powder Coating Systems Colombia, Hubergroup Colombia, Copin, Prolac, Tinpes, Procoquinal, Pinturas Nacionales, Qtec Colours, Torrecid Sucursal Colombia, Metalquímica Colombiana, y Crea. (Higuita Palacio, 2021).

Con base en los estudios estadísticos realizados por el DNP, entorno al comportamiento del sector de pinturas en Colombia según el (DANE, 2019) a partir de la EAM- (Encuesta anual de manufactura), para el año 2019 se obtuvo una participación del sector de 7,4% expresada en una producción bruta de 20.325.855 millones de pesos. Se estima además que la demanda de consumo de las resinas en emulsión por parte de los fabricantes de pinturas y otros sectores de interés hace que dicho mercado haya alcanzado este buen posicionamiento, reflejado en una alta

tasa de competitividad y de calidad en los productos que se ofertan y que se puede ver como una línea alternativa de negocio futura para la empresa. En Colombia se distingue hasta el momento Andercol -Grupo Orbis, Química Amtex, Invesa, Sygla, Preflex, Colorquímica, Aquaterra, como principales fabricantes de este tipo de resinas.

Actualmente la empresa adquiere diferentes referencias de resinas disponibles en el mercado de abastecimiento. En nuestro caso en particular la cotización de 1 Kg de resinas en emulsión adquiridas para la fabricación de látex arquitectónicos fue el siguiente:

Resina EA: \$4300

Resina AP: \$ 4600

Resina VA \$4500

Adicionalmente, se considera un incremento anual debido al incremento del IVA – (Impuesto al Valor Agregado), costos representativos de importación de materias primas, pandemia y efectos de orden público que alteran la cadena de abastecimiento.

Pregunta de investigación: ¿Cuál podrá ser el beneficio económico anual obtenido por la empresa al implementar el diseño y montaje de una planta de fabricación de resinas en emulsión, como una alternativa a la demanda de producción de pinturas arquitectónicas?

Justificación

El desarrollo del proyecto pretende a corto, mediano y largo plazo establecer un diseño de una planta de fabricación de resinas intermedias como una alternativa que permita reducir los costos por galón procesado en algunas de las líneas de producto.

De acuerdo con esto se deberá verificar y evaluar el costo anual que representa para la empresa la producción y adquisición de dicha materia prima en los mercados químicos de Colombia.

Así mismo se planteará un esquema de alternativas donde se podrá determinar cuál es la más viable en función de las necesidades actuales y futuras de la empresa con base a la demanda y oferta propuesta por los sectores más competitivos del sector organizándolos en un ranking de importancia.

Por otro lado, se estudiará la viabilidad de llevar a cabo dicho proyecto en función de los costos asociados en la adquisición de equipos, materiales, mano de obra y otros elementos asociados a la construcción de la planta.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una planta de producción de resinas en emulsión que sirva como central de abastecimiento directo a los procesos de fabricación de pinturas de la empresa.

Objetivos Específicos

Calcular los requerimientos de planta necesarios con base en el método Guerchet.

Definir los materiales, equipos, maquinaria, mano de obra e infraestructura requerida para llevar a cabo el proyecto.

Definir una distribución de planta con base al método SLP.

Evaluar los costos asociados al desarrollo del proyecto a largo plazo.

Establecer y evaluar los lineamientos de seguridad industrial y medio ambientes requeridos para el desarrollo del proyecto, con base en la normatividad legal vigente en Colombia.

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Actualmente la empresa viene consumiendo diferentes tipos y referencias de resinas o ligantes en emulsión que son usualmente empleados en la fabricación de los diferentes productos de la línea arquitectónica.

Sin embargo, el área de compras y desarrollo técnico ha detectado una progresiva alza en los precios de adquisición de este insumo, lo cual genera un impacto significativo en el costo final de la formula del producto, teniendo en cuenta su funcionalidad y los precios de venta del consumidor final.

A continuación, en la tabla 1 se muestran el incremento de precios obtenidos en tres tipos de referencias de resinas adquiridas en los últimos 4 años, por parte de la empresa.

Tabla 1.

Variación Anual de Precios de Resinas - Proveedor "X".

Referencia de resina	\$ Kg de producto 2018	\$ Kg de producto 2019	\$ Kg de producto 2020	\$ Kg de producto 2021
Estireno	\$3400	\$3700	\$3900	\$
Acrílica				4300
Acrílica Pura	\$3500	\$3800	\$4000	\$4600
Vinil Acrílica	\$3200	\$3500	\$3800	\$4500

Nota. Elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021).

Tabla 2.*Proyección de Consumo de Resinas en la Empresa.*

Año de consumo	Periodo	Resina E.A kg/año	Resina V.A Kg/año	Resina A.P Kg/año	Total, de resinas por año kg
2018	1	1200	1000	700	2900
2019	2	1700	1600	1450	4750
2020	3	2200	2500	2300	7000
2021	4	2700	3200	3083	8983
2022	5	3200	3950	3883	11033
2023	6	3700	4700	4683	13083

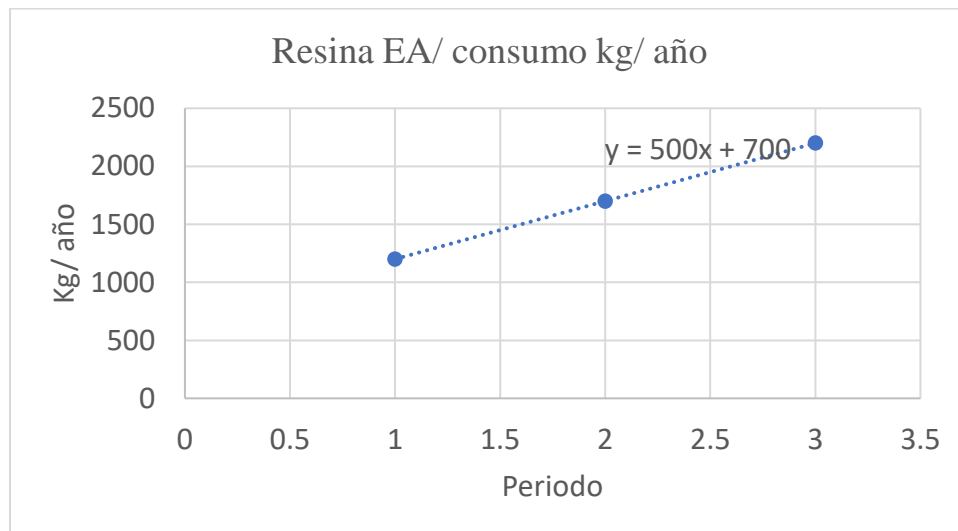
Nota. Elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021)

Nota: El pronóstico de consumo de resinas en la empresa para los años 2021, 2022 y 2023 respectivamente, se obtuvo mediante un modelo de regresión lineal. Por cuestiones de know How de las empresas no se realiza mención de nombres comerciales del producto.

En la Figura 1, 2 y 3 respectivamente se puede apreciar el comportamiento de la demanda de las resinas en la empresa, en función del tiempo.

Figura 1

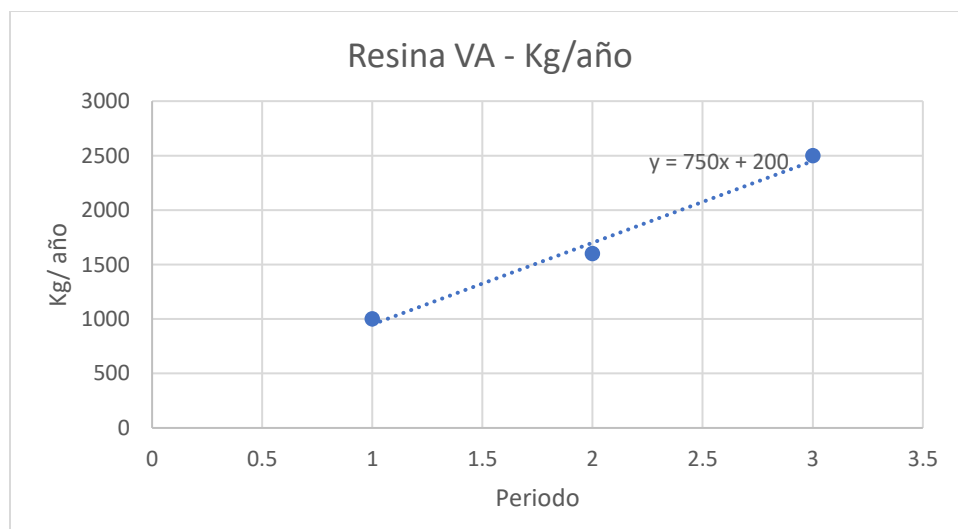
Gráfica de Consumo de Resina E.A Durante 3 Años



Fuente: elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021).

Figura 2

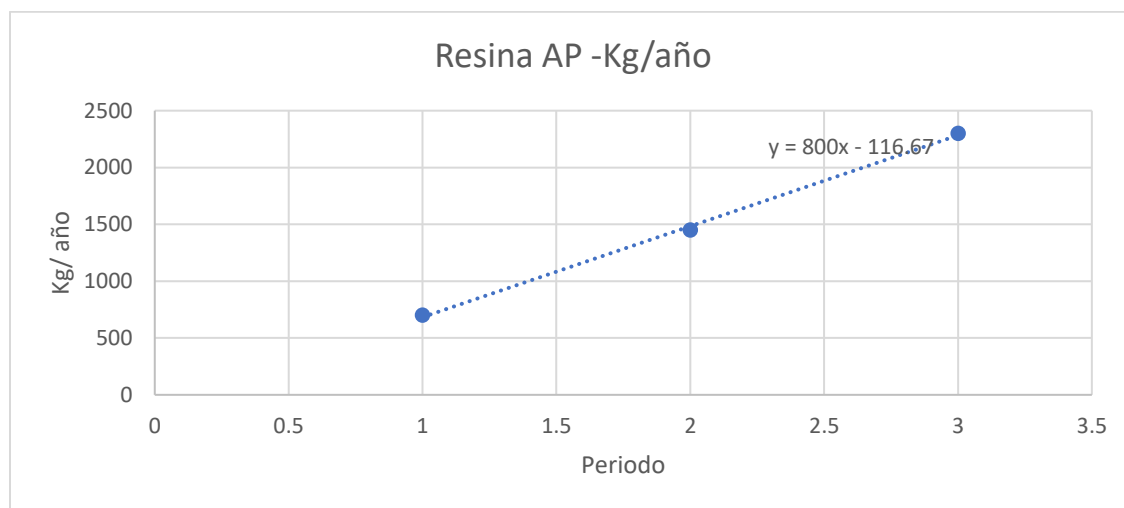
Gráfica de consumo en Kg de resina V.A durante 3 años.



Fuente: elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021).

Figura 3

Gráfica de Consumo en Kg de Resina A.P Durante 3 años.



Fuente: elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021).

De acuerdo con la proyección de demanda de consumo de resinas se estima una producción anual en la planta de polimerización, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Estimación de la Demanda Proyectada.

Año/Resina	Producción Resina EA - kg	Producción Resina VA - kg	Producción Resina AP- kg	Cantidad por producir -kg
2021	2700	3200	3083	8983
2022	3200	3950	3883	11033
2023	3700	4700	4683	13083

Nota. Elaboración propia a partir de (Suprapinturas, 2021).

De acuerdo con la tabla para el Año 2021 se requiere producir 8983 kg \approx 9 toneladas de resinas. Para el año 2022, 11033 kg \approx 11 toneladas de resinas y para el año 2023, 13083 \approx 13 toneladas.

El proceso de Producción de Pinturas a partir Resinas

Definición de Resinas

Las resinas son materiales sólidos, de origen natural (gomas, asfaltos, caseína) o sintéticos (Poliésteres, poliuretanos), solubles en determinados disolventes de acuerdo con su composición química, que, al secar la pintura, forman una película dura, resistente a determinados agentes físicos y químicos. Las resinas sirven para:

Aglutinar o ligar los pigmentos.

Promover adherencia de la pintura a la superficie de aplicación.

Dar flexibilidad, dureza, brillo, durabilidad y resistencia a la acción destructiva del medio ambiente.

Según su composición química las resinas son: Alquídicas, fenólicas, maleicas, vinil y estireno acrílicas, nitrogenadas, siliconas, poliéster, poliuretano, epóxicas, colofonias, etc.

Las propiedades de una película de una pintura dependen de las variables de la formulación y las condiciones de secado y curado de la misma.

Toda formulación se debe hacer teniendo en cuenta los requerimientos o especificaciones necesarias para el producto, de manera que se obtenga una amplia gama de propiedades físicas y mecánicas específicas. Posterior a ello se debe realizar una adecuada selección de las materias primas, definiendo una relación cuantitativa PVC entre el ligante (resina) y el pigmento ya que esta relación influye en muchas propiedades de la película final.

PVC en Pinturas

Según (Calvo Carbonell, 2014), el PVC (Pigment Volumen Concentration) o concentración de pigmento en volumen es la fracción volumétrica de pigmento respecto al volumen total del filme de pintura. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Cálculo del PVC en pinturas.

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_r}$$

Siendo V_p = volumen de pigmento

V_r = Volumen de resina o ligante

El valor del PVC se puede expresar en % multiplicando por 100 la expresión anterior. Cuando el PVC se aproxima al 100%, quiere decir que la pintura contiene poca cantidad de resina, lo que equivale a una pintura económica y de bajo desempeño. Cuando tiende a 0%, quiere decir que el contenido de resina es muy alto, con lo cual se tendrá un alto desempeño, un alto costo, y posiblemente un acabado brillante (exceso de resina). (Calvo Carbonell, 2014)

CPVC en las Pinturas

De lo anterior surge otro importante parámetro denominado CPVC o Concentración Crítica de Pigmento en Volumen y que nos sirve como el límite de referencia en el que todas las características de la pintura sufren un cambio brusco en su tendencia, específicamente propiedades mecánicas, ópticas y de transporte. Este dado por la siguiente expresión:

Ecuación 2: Cálculo CPVC en Pinturas.

$$CPVC = \frac{V_p}{V_p + V_A}$$

Con V_p = Volumen de pigmento

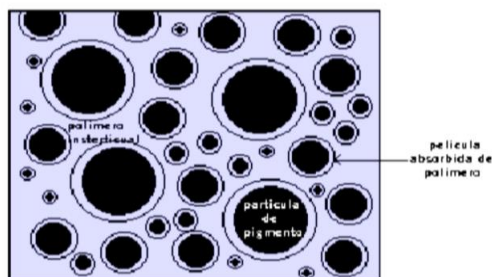
V_A = Absorción de agua de Pigmentos y extendedores.

La CPVC, se puede considerar como el punto de equilibrio, en donde la resina o ligante en la formulación, es suficiente para rodear todas y cada una de las partículas de pigmento y cargas, sin alcanzar a cumplir su verdadera función de ligante entre estos y el sustrato sobre el que se aplica la pintura.

A continuación, en las Figuras 4, 5, 6 y 7 respectivamente, se puede apreciar las diferencias entre la variable PVC y el CPVC y su influencia en las propiedades de protección de las pinturas.

Figura 4

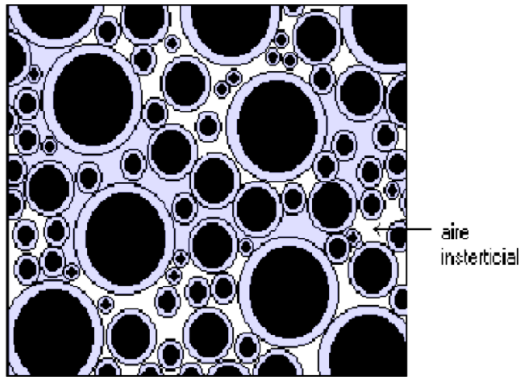
PVC > CPVC en la Pintura.



Fuente: Cálculos Predictivos del CPVC en pinturas (Restrepo, 2017).

Figura 5

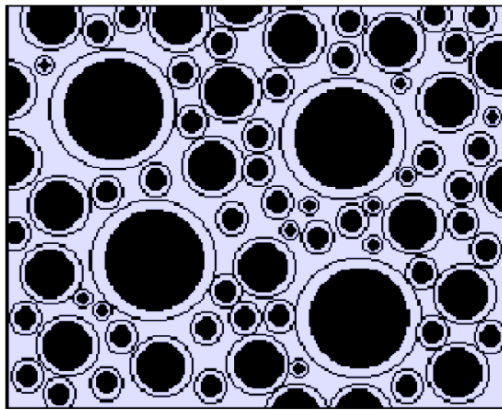
PVC < CPVC en la Pintura.



Fuente: Cálculos Predictivos del CPVC en pinturas (Restrepo, 2017).

Figura 6

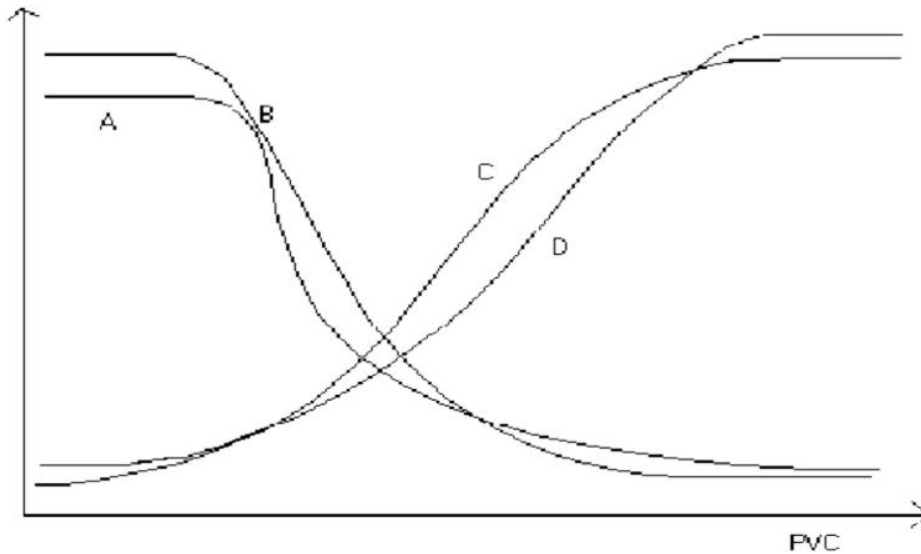
PVC = CPVC en la Pintura.



Fuente: Cálculos Predictivos del CPVC en pinturas (Restrepo, 2017).

Figura 7

Variación de Características de la Pintura de Acuerdo con el PVC.



a) brillo, b) Tendencia al ampollamiento (Blistering), c) Tendencia a la oxidación, d) Permeabilidad.

Fuente: Pinturas y Barnices: Tecnología Básica (Calvo Carbonell, 2014).

De acuerdo con estudios realizados, la determinación de esta propiedad “PVC”, debe hacerse experimentalmente debido a la dependencia de una gran cantidad de variables tales como:

Porosidad, tamaño y distribución de partícula de cada uno de los pigmentos y cargas.

Tamaño y distribución del tamaño de partícula del ligante sólido.

Coalescencia o secado de la película.

Etapas de Fabricación de las Pinturas

La fabricación de las pinturas se ajusta a un proceso lógico orientado a obtener un producto de buena calidad, en el cual se aprovechan al máximo la mano de obra, las materias primas, los equipos, los envases y demás insumos. Dicho proceso consta en su orden de las siguientes etapas:

Alistamiento y pesaje

En esta etapa del proceso se verifica la existencia de todas y cada una de las materias primas que hacen parte de la fórmula del producto y se procede a pesarlas cuidadosamente. Estas materias primas pueden ser pesadas y adicionadas de forma manual o automáticamente a través de bombas, medidores, sistemas de transporte neumático, válvulas dosificadoras, entre otros.

Figura 8

Bodega de Materias Primas



Fuente: Fábrica de Pinturas (Standard, 2018)

Empastada

Esta etapa consiste en humedecer y mezclar muy bien todos los pigmentos (s) y cargas de la pintura con suficiente resina, disolvente y aditivos humectantes, dispersantes y

antiespumantes, utilizando para ello mezcladores de alta velocidad que produzcan una pasta concentrada, con el flujo o viscosidad adecuada.

El orden de adición de las materias primas no es aleatorio, ya que está comprobado que se obtienen mejores resultados si la mezcla se describe en la siguiente tabla:

Tabla 4

Orden de Adición de Materias Primas en el Empastado

Etapa	Materia prima
1°	Disolvente
2°	Resina
3°	Humectantes/Dispersantes, espesantes, formadores de geles o gel preparado previamente, aditivos específicos.
4°	Pigmentos orgánicos
5°	Pigmentos inorgánicos
6°	En el caso de añadir cargas éstas deben de hacerse de mayor a menor densidad.

Nota. Elaboración propia a partir de (Carreras, 2010)

La maquinaria más empleada en el empastado es el dispersor de alta velocidad, que consiste en un disco sujeto a un eje de rotación que puede girar a bajas y altas revoluciones y llegar hasta 2000 rpm según el fabricante como se muestra en la Figura 9. Como es lógico el eje y la pala se sumergen en el seno de la pasta.

Figura 9*Dispensor de Fabricación de Pinturas Tipo Cowles*

Fuente: Agitadores Industriales (Batlle, 2021).

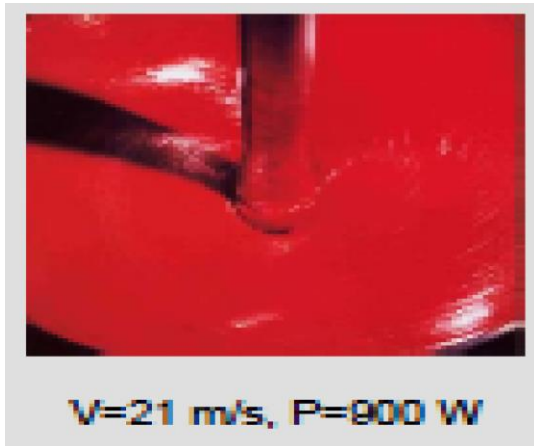
El disco se compone de unas aletas o dientes que son los que provocan el cizallamiento para que haya rompimiento de los aglomerados de pigmentos y cargas. (Carreras, 2010). Por consiguiente, es importante realizar una inspección del nivel reológico de la dispersión, con el fin de determinar la viscosidad ideal del proceso como se aprecia en la Figura 10.

Figura 10*Viscosidad de Proceso de Dispersión Perfecta.*

Fuente: Wetting & Dispersing Additives (BYK, 2019).

Figura 11

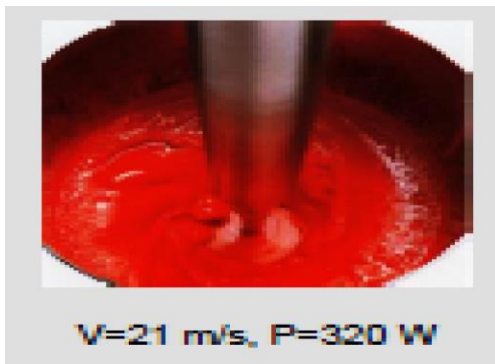
Viscosidad de Procesos de Dispersión Demasiado Alta.



Fuente: Wetting & Dispersing Additives (BYK, 2019).

Figura 12

Viscosidad de Procesos de Dispersión Demasiado Baja.



Fuente: Wetting & Dispersing Additives (BYK, 2019).

Dispersión

Se lleva a cabo en dispersores tipo Cowles, manejándose velocidades periféricas del orden de 20 a 24 m/seg y donde se debe guardar unas relaciones entre el tamaño del disco y el tamaño del recipiente. La fórmula viene dada de la velocidad de un punto en un perímetro de una circunferencia (en el caso un diente del disco) como se muestra a continuación en la Figura 13, el cual gira a “X” revoluciones por minuto (rpm).

Figura 13

Dispersor Cowles Tipo Sierra.



Fuente: Agitadores Industriales (Batlle, 2021).

Molienda

En esta fase del proceso la pasta del pigmento concentrado se muele para separar las partículas de pigmentos rompiendo los grumos o aglomerados, para conseguir el máximo desarrollo del color, poder de cubrimiento y acabado de la pintura.

De acuerdo con la composición de la pasta y las características de la pintura que se va a fabricar con ella, se escoge el tipo de molino Figura 14 y se fija el grado de molienda que se debe lograr. (Los pigmentos se dispersan en molinos).

Figura 14

Equipo de Molienda de Recirculación Horizontal.



Fuente: Equipos de molienda (Batlle, 2021).

Dilución

La pasta concentrada de pigmento, molida hasta el punto apropiado, se agrega lentamente con agitación continua al resto de resina, disolvente y aditivos de la pintura correspondiente, en un tanque Figura 15, provisto de agitadores de baja velocidad, los cuales diluyen muy bien los materiales para obtener un producto uniforme. En esta etapa se comprueba y ajusta la mayoría de las propiedades definitivas de la pintura, exceptuando el color.

Figura 15

Tanque Convencional de Procesamiento de Pinturas.



Fuente: Paslanmaz Imalati (Kazan, 2019).

Tinturación

El objeto de esta operación es ajustar el color de la pintura, de tal manera que no se vean diferencias entre aplicaciones secas de la pintura que se está elaborando y muestras de tandas anteriores de pinturas de la misma referencia. La tinturación, se hace en el mismo tanque donde se hizo previamente la dilución. Para ello se van agregando a la pintura cantidades dosificadas de pastas de colores concentradas, escogidas según el tipo y color de la pintura y según el estado en que se encuentre el color de la tanda en proceso. Cuando el color esté ajustado, se comprueban todas las propiedades del producto y se aprueba para envasar.

Figura 16

Proceso de Tinturación de Pinturas.



Fuente: Fábrica de Pinturas (Standard, 2018).

Envasado y etiquetado

Teniendo en cuenta el tipo de consumidor (Industrial o popular), el tipo de pintura (vinilo, esmalte, barniz, laca) se envasa en galones (3.785 Litros), cuñetes (20 Litros) o tambor de 55 galones. Cada envase se revisa para comprobar que este limpio y que no tenga agujeros. El proceso de envasado puede ser manual o automático como lo muestra la Figura 17. Cada producto lleva una etiqueta distintiva con color, referencia, número de batch e instrucciones de

aplicación y uso. Dependiendo del tamaño del envase se empaca en cajas debidamente marcadas y selladas.

Figura 17

Máquina de Envasado Gravimétrico.



Fuente: Máquinas de envasado (Batlle, 2021).

Diseño de Instalaciones Industriales

El propósito de diseñar una planta o edificio industrial está orientado en primera instancia a satisfacer las necesidades actuales y futuras de un producto o servicio requerido por un mercado en específico. De esta manera es necesario tener en cuenta que tipo de producto se desea fabricar, el tipo de proceso, cantidades y los recursos materiales, humanos, económicos, ambientales y estatales que se deben considerar para tal fin.

Caracterización del producto

Composición: Resina copolímero acrílica estirenada en emulsión acuosa.

Características: Polímero en emulsión de ésteres acrílicos y estireno de película flexible, transparente, resistente al agua y con buena adherencia en diferentes sustratos.

Aplicaciones y usos: La resina es especialmente diseñada para formulaciones de pinturas arquitectónicas tipo 1, 2 y fachadas, siempre que sea modificada con una resina acrílica pura para mejorar su resistencia. También se puede utilizar como resina impermeabilizante y promotor de adherencia en lozas de concreto, paredes y morteros, impartiendo buena flexibilidad, resistencia al agua. Es un producto compatible con arena y cemento.

Compatibilidad del producto: Resina compatible con cargas como Carbonatos, Sílices, Caolín y pigmentos como Dióxido de Titanio, Óxidos de Hierro, ftalocianinas.

Tabla 5.*Especificaciones Técnicas del Producto*

Especificaciones	Descripción
Densidad (Kg/gal)	4.04 – 4.14
% sólidos	50.0 +-1.0
pH (solución acuosa 5%)	6.7 – 7.5
Viscosidad Brookfield LV (Aguja 4, velocidad 6 a 25°C).	25000 – 35000 Cp
Aspecto del producto	Emulsión acuosa blanca levemente azul.
Película aplicada sobre vidrio	Brillante, transparente, resistente al agua y álcalis.

Nota. Elaboración propia a partir de (BASF, 2021).

Presentación y almacenamiento: El producto es entregado en tambor plástico * 200 Kg o en cuñete plástico por 20Kg. Debe mantenerse almacenado en un lugar fresco apartado de fuentes contaminantes.

Manejo de residuos: Evitar que el producto tenga contacto directo con fuentes hídricas. En caso de derrames accidentales debe de recolectarse el producto con material absorbente como arena o aserrín y disponerse en un recipiente como material no peligroso.

Proceso de Fabricación de Resinas en Emulsión

Generalidades

Los polímeros pueden ser tanto de origen natural como sintético; un ejemplo del origen del polímero natural son la celulosa, el caucho natural y las proteínas. Y de origen del polímero sintético son poliésteres, poliamidas, poliacrilatos y poliuretanos. Y se clasifican en:

Homopolímero: Es aquel polímero que posee el mismo monómero a lo largo de toda su cadena.

Copolímero: Es aquel polímero que está formado por al menos 2 monómeros diferentes a lo largo de toda su cadena. Para el proceso de fabricación de resinas en emulsión se deben considerar los siguientes elementos como variables indispensables, dado que influyen directamente en la reacción química y por ende en la calidad del producto final obtenido.

Temperatura: La selección del iniciador depende de la temperatura de trabajo. Altas temperaturas permiten usar baja reactividad del iniciador, como es el caso del persulfato de Sodio. Si trabajamos a bajas temperaturas se debe utilizar un sistema redox. Específicamente en la fabricación de emulsiones es importante contar con un buen sistema de refrigeración y calentamiento.

Presión: El valor de presión de trabajo está determinada por los monómeros, la temperatura y los procedimientos de trabajo. Variaciones de presión, respecto a la atmosférica, es necesaria a veces para obtener un tipo de emulsión determinado.

Calor de reacción: La disipación del calor de reacción en toda la masa es importante, ya que un aumento de la temperatura debido a este factor puede modificar las características de la emulsión.

Agitación: El tipo de agitación es muy importante para obtener la emulsión diseñada y para la reproducibilidad de esta. También tiene una gran influencia en la transferencia de calor entre el reactor y la masa de producto.

Adición de los ingredientes: El orden y la velocidad de adición de los componentes tiene una importancia decisiva en las características finales (tamaño de partícula, viscosidad, estabilidad, etc.). El tiempo total de reacción está influenciado por la velocidad de adición de los ingredientes (iniciadores y monómeros). (Del Amo, 2015).

Figura 18

Reactor de Pruebas de Laboratorio.



Fuente: Reactores de Laboratorio (Batlle, 2021).

Etapas de Fabricación de Resinas en Emulsión

Alistamiento y selección de materias primas

Se comprueba la fórmula a producir, se verifica el stock disponible y se realiza el pesaje de las materias primas sólidas y las de tipo líquido son programadas y bombeadas a cada tanque de proceso mediante los PLC.

Preparación de pre-reactor o pre-emulsión

- i) Inspeccionar que el equipo de proceso se encuentra en óptimas condiciones mecánicas y de limpieza para llevar a cabo el proceso de producción.
- ii) Verificar el estado de las válvulas de proceso, tanques y los PLC de control.
- iii) Encender el equipo eléctricamente.
- iv) Adicionar al pre-reactor agua y en medio de agitación el aditivo antiespumante y surfactante aniónico y no iónico. (Mezclar durante 10 minutos).
- v) Adicionar al pre-reactor el ácido metacrílico, acrilamida y n- metilol acrilamida como (agentes de reacción). Mezclar continuamente.
- vi) Programar el PLC y bombear al tanque la mezcla de monómeros previamente tratados. (Butil acrilato / Estireno en proporción de mezcla 60/40).

Preparación de solución iniciador de reacción

- i) Inspeccionar que el equipo de proceso se encuentra en óptimas condiciones mecánicas y de limpieza para llevar a cabo el proceso de producción.

- ii) En este tanque de mezcla bombear agua y adicionar el agente iniciador de reacción (Persulfato de Sodio) y mezclar.

Preparación de reactor – solución micelar

- i) Inspeccionar que el equipo de proceso se encuentra en óptimas condiciones mecánicas y de limpieza para llevar a cabo el proceso de producción.
- ii) Bombear al reactor agua
- iii) En agitación, adicionar el agente antiespumante, agente surfactante aniónico y no iónico (5 minutos).
- iv) En agitación adicionar el buffer (Bicarbonato de sodio) hasta que se solubilice completamente en el agua.
- v) Preparar la caldera y suministrar calentamiento a la chaqueta térmica del reactor mediante vapor de calentamiento y aumentar la temperatura interna de la mezcla a 80°C por 1 hora. Mantener a temperatura constante.

Progreso de la polimerización

- i) Adición de preemulsión y solución iniciadora.
- ii) Verificar temperatura constante del proceso en el reactor (80°C) y programar un flujo de adición de 0.3 cm³/min, durante aproximadamente 6 horas. En simultaneo se adiciona la solución de Persulfato de sodio y agua a un flujo de 0.2 cm³/min.

Finalizada la adición dejar homogenizar durante 15 minutos, extraer una muestra del reactor y chequear monómero libre.

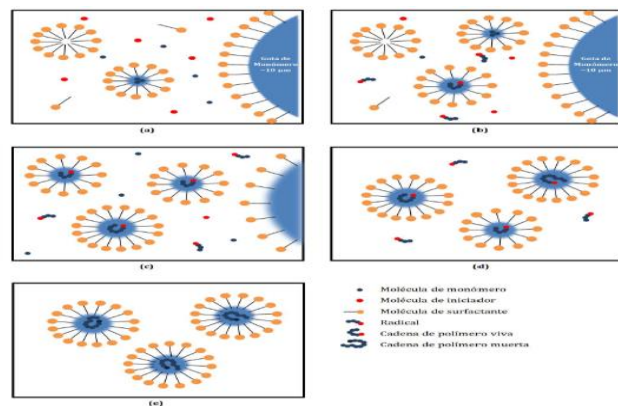
- iii) Realizar análisis de Control Calidad del producto chequeando propiedades como viscosidad, aplicación, pH (solución 10% en agua), % sólidos, gravedad específica, elongación y funcionalidad en una fórmula de pintura arquitectónica. Activar enfriamiento para disminuir la temperatura a 30°C y descargas mediante filtración.
- iv) Bombear el producto al tanque de almacenamiento de resina instalado en la planta de pinturas.

Tabla 6*Formula Guía del Producto*

Materia Prima	%
Acrilato de Etilo	30,00
Metil metacrilato	15,22
Emulsificante aniónico	0,70
Persulfato Potásico	0,005
Agua	54,00
Biocida	0,04
Antiespumante	0,03
Σ % Total	100 ^a

Nota. Elaboración propia a partir de (Del Amo, 2015).

^a El % de los componentes de la formulación puede variar en función de las propiedades finales del producto y el costo representativo de cada una de las materias primas.

Figura 19*Etapas de Polimerización*

Fuente: Tomado de (Arbeláez Ruíz, 2014).

a) Previo a la iniciación; b) etapa 1 de polimerización; c) etapa 2 de polimerización; d) etapa de polimerización; e) Fin de la reacción

Requerimiento de Materiales

Monómeros: Corresponden a las unidades que reaccionan en cadena durante la polimerización por emulsión para producir polímeros. Cada monómero tiene su estructura química especial que tiene una gran influencia en las propiedades del polímero surfactante.

Tabla 7

Lista de Monómeros

Monómero	\$ Kg	Proveedor
Estireno	\$ 5177,2	Evergreen Chemicals
Acrilamida	\$ 4807,4	Shandong Ruihai
VAM -Vinil Acetato monómero	\$ 3771,9	Beijing Huapin Yide International Trading
Metacrilato de metilo	\$ 5547	Jiangsu Baicheng Chemical Technology
Acrilato de Butilo	\$ 4807,4	Shanghai Chuanbai Chemical
Ácido Acrílico	\$ 5140	Shandong Pulisi Chemical Co, ltd
Ácido Fumárico	\$ 4326,6	Anhui Graceman Imp.

Nota. Elaboración propia a partir de (Alibaba, 2021)

La selección del monómero debe ser realizada teniendo en cuenta factores como la compatibilidad, uso final del polímero y formas de procesamiento.

Los monómeros utilizados en los procesos de polimerización pueden clasificarse como monómeros blandos y duros, que son función de la temperatura de transición vítrea (Tg) del polímero obtenido finalmente.

Agentes Surfactantes: Se emplea para reducir la tensión interfacial entre la fase acuosa y la fase monomérica. De esta manera y en adición a un mecanismo de agitación, permite la dispersión del monómero en la fase acuosa. Los surfactantes actúan como sustancias generadoras de micelas sirviendo como sitio para la nucleación de partículas. (Arbeláez Ruíz, 2014).

Tabla 8

Materias Primas - Surfactantes

Tipo de Surfactante	\$ Kg	Proveedor
Éter- Alcohol Sulfato	\$ 4437	Yixing Cleanwater Chemicals
Diocil Sulfosuccinato de sodio	\$ 9000	Yixing Wencheng Chemical
Alquilfenol poliglicoléter	\$ 18000	Trade Avenue LLC

Nota. Elaboración propia a partir de (Alibaba, 2021)

Coloide protector: Es utilizado para brindarle estabilidad a la emulsión y prevenir fenómenos de coagulación. Los coloides protectores son sustancias hidrofílicas solubles en agua, que proporcionan un aumento en la viscosidad del producto (Arbeláez Ruíz, 2014)

Tabla 9*Materias Primas - Coloides Protectores.*

Tipo de Coloide	\$ Kg	Proveedor
Alcohol Polivinílico	\$ 5511	EastChem
Hidroxietil Celulosa	\$ 19655	Henan Botai Chemical
Carboximetil celulosa	\$4629	Veken

Nota. Elaboración propia a partir de (Alibaba, 2021).

Iniciadores de reacción: Tiene como función la generación de radicales libres, los cuales inician la reacción de polimerización y consecuentemente la propagación de las partículas poliméricas como se muestra en la Tabla 10. Los iniciadores pueden clasificarse según su solubilidad: a) Solubles en agua y b) Solubles en compuestos orgánicos. Sin embargo, los primeros son más ampliamente usados en la industria. Existen dos vías de generación de radicales: a) Por descomposición térmica y b) Mediante reacciones redox. (Arbeláez Ruíz, 2014)

Tabla 10*Materias Primas - Iniciadores de Reacción*

Iniciador	\$ Kg	Proveedor
Persulfato de Sodio	\$ 4776.2	Ginte
Persulfato de Amonio	\$ 1286	SA Stock Supplies
Persulfato de Potasio	\$ 5143	Tianjin Crow Champion
Peróxido de Hidrógeno	\$ 1396	Tianjin Yuanlong

Nota. Elaboración propia a partir de (Alibaba, 2021).

Agentes de modificación: Antiespumantes: Son materiales que permiten reducir o eliminar notablemente la formación de espuma durante el proceso de fabricación o envasado del producto final.

Biocidas o fungicidas: Son compuestos que ayudan a preservar el polímero obtenido, alargando su tiempo de vida útil y permitiendo la formación de flora bacteriana durante y después del procesamiento.

Coalescentes o agentes plastificantes: Son materiales que se adicionan siempre que se desee mejorar las condiciones de formación del fil de un polímero con Tg superior a la temperatura ambiente. El más comúnmente utilizado son los ftalatos y el texanol.

Antioxidantes o absorbentes de radiación UV: Son elementos que evitan la degradación oxidativa del polímero mediante descomposición térmica posterior y la exposición a la radiación UV. Dentro de los antioxidantes más comúnmente utilizados en la fabricación de

resinas en emulsión se tienen los siguientes: Fenoles, Aminas aromáticas, Quelatos de iones metálicos de transición.

Buffers: Algunos monómeros sufren hidrólisis a elevados pH, mientras que permanecen estables a pH= 7 o menos. En ciertos casos un pH demasiado bajo puede llevar a una prematura reticulación, si son utilizados reticulantes del tipo N- metilol acrilamida. El pH también afectara la disociación de los monómeros de ácido carboxílico, pudiendo alterarse la relación de cargas alrededor de las partículas y la consiguiente estabilidad del látex.

Tabla 11

Materias Primas - Agentes Modificantes

Aditivo	\$ Kg	Proveedor
Antiespumante	\$9185	Glchemicals
Biocida	\$ 9478	Quingdao Goodow
Coalescente	\$7348	Beijing Mayor Chemical
Bicarbonato de Sodio	\$863.39	Shanxi Soli Industry

Nota. Elaboración propia a partir de (Alibaba, 2021).

Agua desmineralizada: Corresponde al compuesto principal de las resinas en emulsión, dado que permite la solubilidad para los surfactantes e iniciadores de reacción. Además de ello permite la dispersión y transferencia de calor entre la fase monómero-agua. El agua desmineralizada permite que la emulsión sea estable en el tiempo, debido a que se realiza la

extracción de aniones tales como Sodio, Calcio, Hierro, Cobre y cationes (carbonatos, cloruros y fluoruros).

Requerimiento de Maquinaria y Equipos

Tanque Pre- reactor: En este equipo se lleva a cabo el proceso de mezcla de los monómeros y agentes surfactantes que corresponde a la parte preliminar de la reacción de polimerización.

Según (Guaqueta Gómez, 2016) es un tanque cilíndrico fabricado en acero inoxidable calidad 304-L. Con un eje central conectado a un motorreductor que provee agitación con velocidad controlada. Cuenta con conexiones de tuberías en diferentes diámetros para el cargue de materias primas. El equipo se diseña para soportar presión positiva y presión de vacío. La capacidad del tanque estará condicionada a la capacidad del tanque reactor.

Figura 20

Tanque Prereactor para Fabricación de Resinas



Fuente: Reactores Químicos (Batlle, 2021).

Reactor de acero inoxidable: De acuerdo con (Guaqueta Gómez, 2016) este equipo es igual que el tanque pre-emulsión y es fabricado en acero inoxidable calidad 304L y posee un eje central para agitación con motorreductor, tiene un sistema de calentamiento –enfriamiento por

tubos que rodean el tanque denominado chaqueta, por allí se bombea agua caliente o fría según lo requiera el proceso. Posee también termopozos para medición de temperatura tanto de la chaqueta como del interior del equipo, está diseñado para soportar presión positiva y negativa. En la parte superior del equipo y en la inferior se instalan boquillas para conexión de tuberías en varios diámetros. La descarga se controla con válvula mecánica tipo bola. También tiene una salida en la tapa para la instalación del condensador de vapores.

Figura 21

Tanque Reactor Tipo Batch



Fuente: reactores Químicos (Batlle, 2021)

Condensador: Es un sistema de condensación por tubos rodeados de agua constantemente, se usa para condensar y precipitar los gases de monómero que se liberan por el proceso de reacción exotérmica. Convencionalmente, se instala uno vertical y otro horizontal directamente sobre la tapa del reactor (Guaqueta Gómez, 2016).

Tubería de transporte: Por medio de estas se realizan dosificación directa y controlada de las diferentes materias primas (líquidas) al tanque de pre-emulsión y reactor respectivamente. El material de las tuberías deberá ser en acero inoxidable referencia 316L.

Válvulas On/Off: permiten el control de flujo de líquidos y material de descarga al final del proceso.

Máquinas de Bombeo: Permiten aspirar e impulsar los diferentes líquidos del proceso a través de las tuberías.

Figura 22

Bomba de desplazamiento positivo



Fuente: (Batlle, 2021)

Chillers de enfriamiento: Es un equipo que nos permite convertir el agua como agente de enfriamiento, mediante ductos o tuberías, que se encarga de controlar la temperatura de la mezcla y por ende las paredes del reactor.

Caldera: Las calderas Figura 23, son dispositivos que sirven para generar energía térmica mediante la transformación de la energía contenida en distintos combustibles por medio de la combustión. Estas son diseñadas para transmitir el calor obtenido por un combustible a un

fluido (generalmente agua) con el fin de producir vapor, el cual se usará como una sustancia de trabajo en otros dispositivos o sistemas (Miranda, 2018).

Figura 23

Caldera a Vapor



Fuente: (Laval, 2021)

Celdas de carga y controladores PLC: Permiten la programación y el control de las variables críticas del proceso de polimerización como temperatura, presión, flujos másicos, curva de reacción.

Sensores de temperatura: Se emplean termocuplas PT 100 y manómetros de carátula análogos. Su función es medir la temperatura durante todo el proceso de reacción. Estos se instalan en el tanque reactor.

Sensores de presión y vacío: Las válvulas de seguridad se instalan sobre el tanque de pre-emulsión, el tanque reactor, los condensadores y el tanque de enfriamiento. La válvula rompe vacío se instala sobre el condensador horizontal.

Medidores de presión: Se emplean manómetros de carátula análogos en acero inoxidable y con glicerina en su interior. Se instalan sobre el tanque de pre-emulsión, el tanque reactor y el tanque enfriador (Guaqueta Gómez, 2016).

Tanque de almacenamiento de monómeros: Son elementos cilíndricos diseñados en acero al carbón o fibra de vidrio y permiten preservar los monómeros a unas condiciones específicas de presión y temperatura. Es recomendable la instalación de válvulas de alivio para evitar la presurización del líquido confinado.

Equipos para el Manejo de Materiales

Montacargas: Los montacargas de almacén Figura 24, son responsables del movimiento interno de la mercancía, desde los muelles a las ubicaciones de las estanterías, o desde las áreas de producción al almacén.

Figura 24

Máquina Montacargas



Fuente: (Mecalux, 2021).

Paletizadora Manual: La paletizadora Figura 25, es una máquina muy versátil, ya que se pueden emplear para realizar múltiples trabajos tales como la carga y descarga de camiones, el traslado –en distancias cortas– de pallets y contenedores, o servir como medios auxiliares de apoyo en las operaciones de picking. También se usan como elementos auxiliares para la alimentación de zonas de toma, que son posiciones dentro del almacén en donde se colocan las unidades de carga para que carretillas de todo tipo, ya sean contrapesadas, retráctiles, trilaterales e incluso transelevadores, las recojan y las ubiquen en los huecos correspondientes.

Figura 25

Paletizadora Manual.



Fuente: (Mecalux, 2021).

Estibas: De acuerdo con la Figura 26, son elementos que nos permite apilar y almacenar materias primas y producto terminado en las diferentes bodegas, facilitando la identificación y funciones logísticas.

Figura 26

Estiba de Madera.



Fuente: (Mecalux, 2021).

Báscula: Es un equipo que permite el pesaje de las materias primas sólidas.

Cálculo de Máquinas y Equipos

El número de máquinas para el proyecto está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 3: Cálculo de Máquinas Necesarias.

$$\# \text{ Máquinas} = \frac{\text{Número de horas anuales}}{\text{Fondo Productivo del equipo (FPE)}}$$

Donde:

Número de horas anuales: equivale al número de horas laborables durante un año, para efectos de cálculo 360 días.

$$360 \text{ días} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 8640 \text{ horas}$$

Fondo Productivo del equipo (FPE): Este dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 4: Cálculo Fondo Productivo Equipo.

$$FPE = \# \text{ días laborables en el año} * \# \text{ de turnos} * \# \text{ horas por turno} * \text{efectividad}$$

Donde:

Número de días laborables durante el año: 360 días.

Número de turnos laborables: 1

Número de horas por turno: 12 horas.

Efectividad: Dado por la siguiente expresión:

Ecuación 5: Cálculo Efectividad

$$Efectividad = 100\% - Factores Incidentales$$

Para el caso de factores incidentales, dado que es una planta nueva, es importante realizar pruebas previas y estandarización de procesos, por lo cual podemos asumir un 10%. Por ello planteamos una efectividad del proceso del 90%

De acuerdo con los valores obtenidos aplicamos la Ecuación 7.

$$(FPE) = 360 * 1 * 12 * 0,90 = 3888$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 5, obtenemos

$$\# Máquinas = \frac{8640}{3888} = 2,17$$

Para llevar a cabo el proceso de producción de resinas requerimos 2 reactores.

Cálculo de Mano de Obra

Este dado por la siguiente expresión:

Ecuación 6: Cálculo Número de Trabajadores.

$$\# \text{ de Trabajadores} = \frac{\text{Tiempo de Operación Total Requerido}}{\text{Takt Time}}$$

El Takt Time lo calculamos mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 7: Cálculo Takt Time

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ Trabajo\ Total\ Disponible}{Unidades\ Requeridas}$$

Donde:

Tiempo Disponible: 12 horas (43200 segundos).

Ecuación 8: Cálculo tiempo Ocioso.

$$Tiempo\ Ocioso = Tiempo\ de\ limpiezas + Tiempo\ alimentación\ personal$$

Donde:

Horas de Alimentación del Personal: 0,45 horas (2700 segundos).

Tiempo de Limpieza del Equipo + Mantenimiento: 1,5 horas (1800 segundos).

Reemplazando en la Ecuación 10 obtenemos:

$$Tiempo\ Ocioso = 0,45\ horas + 0,30\ horas = 0,75\ horas\ (5400\ segundos)$$

Calculamos el Tiempo Disponible Neto mediante la expresión dada a continuación:

Ecuación 9: Cálculo Tiempo Disponible Neto.

$$Tiempo\ Disponible\ Neto = Tiempo\ Disponible - Tiempo\ Ocioso$$

$$Tiempo\ Disponible\ Neto = 43200 - 5400 = 35100\ segundos$$

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta las cantidades proyectadas (unidades requeridas) de resinas para el año 2021 tenemos la siguiente información:

Resina EA: 2700 Kg

$$Demanda_{Resina\ EA} = \frac{2700Kg}{360\ días} = 8\ kg/día$$

Resina VA: 3200 Kg

$$Demanda_{Resina VA} = \frac{3200Kg}{360 \text{ días}} = 8,89 \cong 9 \text{ kg/día}$$

Resina AP: 3083 Kg.

$$Demanda_{Resina AP} = \frac{3083Kg}{360 \text{ días}} = 8,56 \cong 9 \text{ kg/día}$$

Total, de resinas en el año: 8983 Kg

El Takt Time para cada proceso será el siguiente

$$Takt Time_{Resina EA} = \frac{35100}{8} = 4680 \text{ seg}$$

$$Takt Time_{Resina VA} = \frac{35100}{9} = 3948,8 \text{ seg}$$

$$Takt Time_{Resina AP} = \frac{35100}{9} = 3948,8 \text{ seg}$$

El proceso de fabricación de resinas en polimerización se lleva a cabo mediante los siguientes procesos de cargue, excluyendo el tiempo de residencia del producto en el equipo, dado que la reacción química se controla, pero se lleva a cabo de forma independiente sin tener contacto directo de mano de obra.

Tabla 12*Tiempos de Procesamiento de Resinas.*

Proceso de polimerización	Tiempo	tiempo -
	-horas	segundos
Separación de materia prima	0,3	1080
Cargue pre-reactor	1,5	5400
Cargue reactor	1	3600
Análisis de producto	0,45	1620
descarga	1	3600
Tiempo total	4,25	15300

Nota. Elaboración propia.

Aplicando la Ecuación 8 para la fabricación de las referencias de resinas se obtiene

$$\# \text{ de Trabajadores}_{R.EA} = \frac{15300}{4680} = 3,26 \cong 3 \text{ Trabajadores}$$

$$\# \text{ de Trabajadores}_{R.VA} = \frac{15300}{3948,8} = 3,87 \cong 4 \text{ Trabajadores}$$

$$\# \text{ de Trabajadores}_{R.AP} = \frac{15300}{3948,8} = 3,87 \cong 4 \text{ Trabajadores}$$

En total la planta de producción de polimerización requiere el servicio de 11 trabajadores para llevar a cabo las funciones de pesaje de materias primas, cargue y control de reactores, descarga de producto y limpieza de los equipos y áreas de la planta.

Distribución de Espacios Método SLP

Por definición la distribución en planta es un proceso que consiste en el ordenamiento físico adecuado y coordinado de los elementos que constituyen una instalación industrial. Para ello es importante que el Ingeniero que realiza la distribución analice y determine mediante algunos modelos matemáticos los espacios necesarios para llevar a cabo todas las operaciones que tengan lugar en dicha instalación tales como: los movimientos de los colaboradores, la producción, el almacenamiento y transporte de materiales, insumos y productos terminados.

Asimismo, una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una en proyección.

Tabla 13

Relación de Zonas de la Planta de Polimerización.

Área de la Planta	Zona
Almacén de Materia Prima	X1
Almacén Producto Terminado	X2
Planta de Polimerización	X3
Chiller de Enfriamiento	X4
Zona de Tanques	X5
Área de Caldera	X6
Cuarto Eléctrico y Servicios	X7
Laboratorio Control Calidad	X8

Nota. Elaboración propia.

En esta tabla se detallan las áreas de la planta de producción, para la realización del layout.

Tabla 14

Orden de Proximidad entre Zonas Productivas

Item de Proximidad	Código	Valor Ponderado
Absolutamente Necesaria	A	1000
Importante	E	100
Normal	I	10
Importancia Ordinaria	O	1
Innecesaria	U	0
Indeseable	X	-100

Nota. Elaboración propia.

Asignación de importancia de las áreas de la planta de acuerdo con su nivel de proximidad.

Tabla 15*Evaluación de Proximidad entre Zonas Productivas*

Zona	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X1	0								
X2	0	0							
X3	1000	1000	0						
X4	-100	-100	1000	0					
X5	100	0	1000	10	0				
X6	0	0	1000	10	0	0			
X7	0	0	100	100	0	1000	0		
X8	1	1	100	0	100	0	10	0	
X9	1	1	100	0	100	0	10	100	0
Total,									
Ponderado	1002	902	3300	120	200	1000	20	100	0

Nota. Elaboración propia.

Valores ponderados obtenidos de acuerdo con la escala de evaluación establecida en la Tabla 14.

Tabla 16*Selección de Áreas Principales Método - SLP*

Área Seleccionada	Zona	Total, Ponderado
Planta de Polimerización	X3	3300
Almacén de Materia		
Prima	X1	1002
Área de Caldera	X6	1000
Almacén de Producto		
Terminado	X2	902

Nota. Elaboración propia.

Selección de las áreas evaluadas según el método SLP. Se asignan cuatro áreas principales de la planta de acuerdo con los valores ponderados mayores, obtenidos en la Tabla 15.

A continuación, en la Tabla 17, se muestra la asignación de las áreas secundarias de la planta de acuerdo con la escala de valores ponderados en la Tabla 16 y que fueron asignados según el valor ponderado entre las Zonas 1, 2 y 3 establecidos en el diseño, que pueden ser apreciados en la Figura 27.

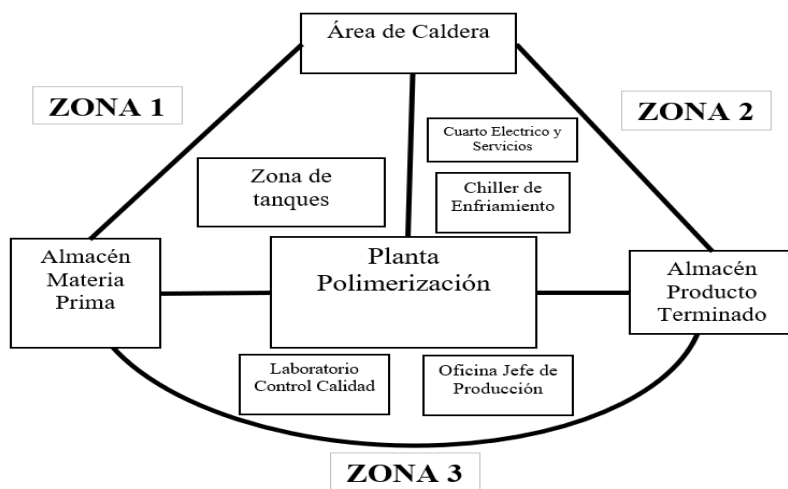
Tabla 17*Selección de Áreas Secundarias Método – SLP*

Zonas Secundarias	Zona	Ponderado	Zona
		910	zona 1
		910	zona 2
Chiller de Enfriamiento	X4	800	zona 3
		1100	zona 1
		1000	zona 2
Zona de Tanques	X5	1000	zona 3
		1100	zona 1
		1100	zona 2
Cuarto Eléctrico	X7	100	zona 3
		101	zona 1
		101	zona 2
Laboratorio Control Calidad	X8	102	zona 3
		101	zona 1
		101	zona 2
Oficina jefatura de Producción	X9	102	zona 3

Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Distribución de Zonas de Planta - Método SLP



Fuente: Autor (2021).

Figura 28

Disposición General de Zonas de la Planta.

Zona de Tanques	Chiller de Enfriamiento	Área de Calderas	Almacén Producto Terminado
		Cuarto Eléctrico y Servicios	
Almacén de Materia Prima	PLANTA DE POLIMERIZACIÓN		
	Control Calidad	Oficina Jefe de Producción	

Fuente: Autor (2021).

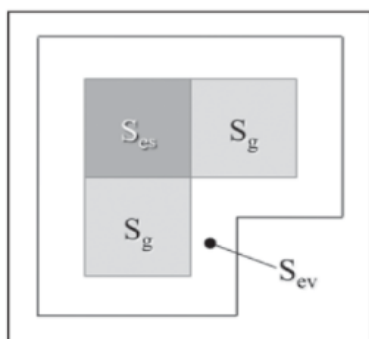
Método Guerchet

Es un método que permite calcular los espacios físicos que se requieren para establecer la superficie necesaria para la planta de producción. Por lo tanto, se hace necesario identificar el número total de maquinaria y equipos que son denominados elementos estáticos o fijos (EF) y también el número de operarios y el equipo de acarreo denominado elementos móviles (EM). (Valencia Napán, 2018)

Según el método Guerchet, la superficie total vendrá dada por la suma de tres superficies parciales

Figura 29

Superficie de Evolución - Método Guerchet.



Fuente: (Cuatrecasas Arbós, 2012).

Superficie estática S_{es} : Esta es la superficie productiva, es decir, la que ocupa físicamente la maquinaria, el mobiliario y las demás instalaciones.

Superficie de gravitación S_g : Se trata de la superficie utilizada por los operarios que están trabajando y por la materia que está procesándose en un puesto de trabajo. Esta la obtenemos multiplicando la superficie estática por el número de lados (n) de está que deban estar operativos,

es decir, por los que se utilizará la máquina. La superficie de gravitación la podemos calcular a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 10: Cálculo Superficie de Gravitación.

$$S_g = S_{es} \times n$$

Superficie de evolución S_{ev} : Contempla la superficie necesaria a reservar entre diferentes puestos de trabajo para el movimiento del personal y de la materia y sus medios de transporte. Se obtiene como suma de la superficie estática más la de gravitación, afectada por un coeficiente K. Este coeficiente variará en función de la proporción entre el volumen del material (y personal) que se esté moviendo entre los puestos de trabajo y el tamaño de las máquinas de dichos puestos (Cuatrecasas Arbós, 2012).

Figura 30

Valores de K - Método Guerchet.

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	k
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Fuente: (Cuatrecasas Arbós, 2012).

La superficie de evolución vendrá determinada por la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Cálculo Superficie de Evolución.

$$S_{ev} = (S_{es} + S_g) \times k$$

Tabla 18*Cálculo de Espacios Requeridos en Planta.*

Máquinas	N	n	Largo	Ancho	S _{es}	S _g	S _{ev}	ST - m ²
Pre-reactor	2	2	3,1416	0,200	0,126	0,251	0,019	0,792
Reactor	2	2	3,1416	0,400	0,503	1,005	0,075	3,167
Chiller de								
Enfriamiento	1	3	1,3700	1,370	1,877	5,631	0,375	7,883
Caldera	1	2	3,1416	0,630	1,247	2,494	0,187	3,928
Central Eléctrica	1	3	1,6000	1,200	1,920	5,760	0,384	8,064
Tanque								
de Monómeros	5	2	3,1416	0,945	2,806	5,611	0,421	44,187
Tanque								
de Agua	1	2	3,1416	0,945	2,806	5,611	0,421	8,837
Superficie Total de la planta - m ²								76,858

N= Número de elementos estáticos

n= Número de lados operativos de la máquina. Para tanques se asume el valor de 2 y el cálculo de S_{ev} equivale a πr^2 .

De acuerdo con la tabla el área aproximada que se requiere para la construcción de la planta de polimerización y servicios en la empresa es de 77 m^2 , es importante destacar que la zona de reactores podrá ser dispuesta en una plataforma metálica compuesta por dos pisos en los cuales se aprovecha la fuerza de gravedad con fines de descarga del producto.

Métodos usados para el cálculo de los costos asociados un proyecto de diseño de una planta industrial.

Para el análisis económico del proyecto se tiene en cuenta el VPN (Valor Presente Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno) como proyección de viabilidad de la inversión inicial por parte de los accionistas de la empresa. En la Tabla 19 se detalla la adquisición de algunos elementos para la dotación del proyecto de planta.

Tabla 19

Inversión en Elementos y Mobiliario de Oficina y Laboratorio

Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Vida útil
		\$	\$	
Escritorio	2	399.000	798.000	5
		\$	\$	
Computadora	2	1.679.000	3.358.000	5
		\$	\$	
Balanza digital	1	180.000	180.000	10
		\$	\$	
Silla	4	110.000	440.000	5
		\$	\$	
Lampara Hermética Tubos T8	15	55.000	825.000	10

		\$	\$	
Estufa de Laboratorio	1	600.000	600.000	10
Mesón en acero inoxidable 120*		\$	\$	
60	1	240.000	240.000	10
			\$	
Total			6.441.000	

Nota. Elaboración propia.

Los costos unitarios obtenidos en la tabla son aproximados y fueron extraídos de (Alibaba, 2021).

Tabla 20

Inversión en Maquinaria y Equipos

Maquinaria	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Vida útil
		\$	\$	
Tanque prereactor	2	20.000.000	40.000.000	15
		\$	\$	
Reactor Batch	2	30.000.000	60.000.000	15
		\$	\$	
Tanques acero al carbón	4	8.000.000	32.000.000	30
		\$	\$	
Tanque fibra de vidrio	2	5.000.000	10.000.000	30

		\$	\$	
Montacargas	1	5.000.000	5.000.000	10
		\$	\$	
Paletizadora Manual	1	500.000	500.000	10
		\$	\$	
Estibas	10	70.000	700.000	10
		\$	\$	
Bomba de Diafragma	4	941.488	3.765.950	10
		\$	\$	
Caldera	1	17.830.000	17.830.000	15
		\$	\$	
Central Eléctrica	1	9.000.000	9.000.000	10
		\$	\$	
Bascula Industrial 500 Kg	1	449.000	449.000	10
			\$	
Total			179.244.950	

Nota. Elaboración propia.

Los costos unitarios obtenidos en la tabla son aproximados y fueron extraídos de (Alibaba, 2021).

Tabla 21*Inversión en Obras Civiles*

Concepto	Cantidad	Costo Total	Vida Útil
Edificación y materiales	1	\$ 9.000.000	45
Instalación Plataforma Acero		\$	
Inoxidable	1	3.500.000	45
		\$	
Costo Instalación	1	7.000.000	
		\$	
Total		19.500.000	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22*Inversión en Capital de Trabajo*

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
		\$	\$
Operarios	4	1.014.980	4.059.920
		\$	\$
Ingeniero de Producción	1	3.000.000	3.000.000
		\$	\$
Analista de Calidad	1	1.500.000	1.500.000

		\$	\$
Químico	1	3.000.000	3.000.000
			\$
Compra de materia prima			100.000.000
			\$
Total			111.559.920

Nota. Elaboración propia.

Los costos de salarios descritos en la tabla se realizaron con base al SMMLV de Colombia para el año 2021

Tabla 23

Inversiones Proyectadas

Inversiones	Valor Total
Inversión en elementos y mobiliarios	\$ 6.441.000
Inversión en Maquinaria y equipos	\$ 179.244.950
Inversión en Obras civiles	\$ 19.500.000
Inversión en Capital de Trabajo	\$ 111.559.920
Total	\$ 316.745.870
Impuestos ^a	30%
Inflación Esperada ^b	3,3%
Costo aproximado 1 kg producto ^c	\$10000

Nota. Elaboración propia.

^aImpuestos pagos por las empresas en Colombia para el año 2020 (LR, 2021).

^bValor Inflación Anual, año 2020 (Analitik, 2021).

^cValor aproximado del costo de formulación del producto.

Tabla 24

Costo Proyectado Capital de Trabajo

año 1	año 2	año 3
\$	\$	\$
115.241.397	119.044.363	122.972.827

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25

Costo Proyectado de Formula de Producto

año 1	año 2	año 3
10330	10670,89	11023,02937

Nota: Elaboración propia.

Tabla 26

Kg de Producto Proyectados por Año

Producción por año	
2021	8983 kg
2022	11033 kg
2023	13083 kg

Nota. Elaboración propia.

Tabla 27*Flujo de Caja del Proyecto*

Concepto/ periodo	0	1	2	3	4
	\$				
(-) Inversión Inicial	316.745.870				
		\$	\$	\$	
(+) Ingresos Gravables		92.794.390	117.731.929	144.214.293	
		\$	\$	\$	
(-) Ingresos deducibles		115.241.397	119.044.363	122.972.827	
(-) Depreciación y amortización		\$	\$	\$	
		18.568.595	18.568.595	18.568.595	
(=) utilidad antes de impuestos		-\$	-\$	\$	
		41.015.602	19.881.029	2.672.871	
		-\$	-\$	\$	
Impuesto causado		12.304.681	5.964.309	801.861	
		\$	-\$	-\$	\$
(-) Impuestos pagados		-	12.304.680,71	5.964.308,73	801.861,23
(+) Depreciación y amortización		\$	\$	\$	
		18.568.595	24.963.495	24.963.495	
(-) egresos no deducibles		\$	\$	\$	
		-	-	-	
(+) Ingresos no gravables		\$	\$	\$	
		-	-	-	

(=) Flujo de efectivo	-\$	-\$	\$	\$
neto	316.745.870	22.447.007	17.387.147	33.600.675

Nota. Elaboración propia

Los valores del flujo de caja esperados de acuerdo con los montos de inversión inicial y deducibles de acuerdo con el periodo de proyección del proyecto, estimado aproximadamente en 4 años.

Tabla 28

Cálculo del VAN y TIR

Elemento Financiero	Valor Obtenido
VAN	\$ 26.629.892
TIR	67%

Nota. Elaboración propia

Normatividad y Legislación del Diseño de Instalaciones Industriales en Colombia.

Para el diseño de la planta industrial de fabricación de resinas en emulsión en la empresa se debe tener en cuenta las estipulaciones dadas por los requisitos legales aplicables al diseño de edificios industriales en Colombia, de acuerdo con lo contemplado en el Estatuto de Seguridad Industrial -Resolución Número 02400 (Ministerio del Trabajo, 1979).

Título II – Capítulo I – Edificios y Locales

Artículo 4°. Todos los edificios destinados a establecimientos industriales, temporales o permanentes, serán de construcción segura y firme para evitar el riesgo de desplome; los techos o cerchas de estructura metálica, presentaran suficiente resistencia a los efectos del viento, y a su propia carga; los cimientos y pisos presentarán resistencia suficiente para sostener con seguridad las cargas para las cuales han sido calculados, y ningún cimiento o piso será sobrecargado por encima de la carga normal: el factor de seguridad para el acero estructural con referencia a la carga de rotura, será por lo menos de cuatro (4) para las cargas estáticas, y por lo menos de seis (6) para las cargas vivas o dinámicas, y será correspondientemente más alto para otros materiales; además se dispondrá de un margen suficiente para situaciones anormales.

Artículo 5°. Las edificaciones de los lugares de trabajo permanentes o transitorios, sus instalaciones, vías de tránsito, servicios higiénico-sanitarios y demás dependencias deberán estar construidas y conservadas en forma tal que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores y del público en general.

Artículo 6°. En la construcción, reformas o modificaciones de los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo, se deberán tener en cuenta, además de los requisitos exigidos en el artículo quinto, los corredores, pasadizos, pasillos, escaleras, rampas, ascensores, plataformas, pasamanos, escalas fijas y verticales en torres, chimeneas o estructuras similares que serán diseñados y construidos de acuerdo a la naturaleza del trabajo y dispondrán de espacio cómodo y seguro para el tránsito o acceso de los trabajadores.

Artículo 7°. Todo local o lugar de trabajo debe contar con buena iluminación en cantidad y calidad, acorde con las tareas que se realicen; deben mantenerse en condiciones apropiadas de temperatura que no impliquen deterioro en la salud, ni limitaciones en la eficiencia de los trabajadores. Se debe proporcionar la ventilación necesaria para mantener aire limpio y fresco en forma permanente.

Artículo 8°. Los locales de trabajo tendrán las dimensiones necesarias en cuanto a extensión superficial y capacidad de los locales, de acuerdo con los requerimientos de la industria, para una mejor distribución de equipos, aparatos, etc., en el flujo de materiales, teniendo en cuenta el número de trabajadores en cada lugar de trabajo.

Título II - Capítulo XI – Sustancias Inflamables y Explosivas

Artículo 167. En los establecimientos de trabajo se tomarán medidas de prevención contra las explosiones o incendios producidos por gases o vapores inflamables, por medio de los siguientes procedimientos: a) Evitando la elevación de la temperatura. b) Almacenándolos en tanques subterráneos en recipientes de seguridad. c) Eliminando las fuentes de ignición por medio del arreglo de procesos, lámparas con cubierta a prueba de vapor, equipo eléctrico a prueba de chispas, controlando la electricidad estática. d) Evitando en los métodos de manejo los

derrames y las fugas. e) Empleando en algunos procesos especiales, gases fuertes como el bióxido de carbono o el nitrógeno, para producir una atmósfera incombustible.

Titulo III - Capitulo II – Equipos y Elementos de Protección

Artículo 176. En todos los establecimientos de trabajo en donde los trabajadores estén expuestos a riesgos físicos, mecánicos, biológicos, etc., los patronos suministrarán los equipos de protección adecuados, según la naturaleza del riesgo, que reúna condiciones de seguridad y eficiencia para el usuario.

Artículo 177. En orden a la protección personal de los trabajadores, los patronos estarán obligados a suministrar a estos los equipos de protección personal, de acuerdo con la siguiente clasificación:

1. Protección de cabeza: usos de cascos, cofias y protectores auriculares para los trabajadores que laboren en lugares en donde se produce mucho ruido.
2. Protección de rostros y de los ojos: anteojos, gafas de seguridad y capuchas de tela-asbesto con visera de vidrio absorbente para operaciones y/o procesos que se realicen en horno, equipos térmicos, etc.
3. Protección del sistema respiratorio: máscara respiratoria, respiradores contra polvo, protección contra inhalación de polvos, humos, material particulado, respiradores de filtro o cartucho químico para la protección contra la inhalación de neblinas, vapores inorgánicos y orgánicos, dispersiones.
4. Protección de manos y los brazos: guantes de hule, caucho o plástico para la protección contra ácidos, sustancias alcalinas.

5. Protección de los pies y las piernas: calzado de seguridad con puntera de acero y dieléctricos.

6. Protección de troncos: mandiles o delantales para los trabajadores que manipulen líquidos corrosivos, tales como ácidos o cáusticos que serán confeccionados de caucho natural o sintético u otro material resistente a la corrosión.

Artículo 193. Las gafas protectoras para los trabajadores que manipulen líquidos corrosivos, tales como ácidos y sustancias cáusticas, tendrán las copas de gafas de material blando, no inflamable, lo suficientemente flexible para que conforme fácilmente a la configuración de la cara y construidas de tal manera que las salpicaduras de líquidos no puedan entrar en el ojo a través de las aberturas para ventilación.

Titulo V – Capítulo I – Código de Colores

Artículo 202. En todos los establecimientos de trabajo en donde se lleven a cabo operaciones y/o procesos que integren aparatos, máquinas, equipos, ductos, tuberías, etc. y demás instalaciones locativas necesarias para su funcionamiento se utilizarán los colores básicos recomendados por la American Standard Association (A.S.A.) y otros colores específicos, para identificar los elementos, materiales, etc. y demás elementos específicos que determinen y/o prevengan riesgos que puedan causar accidentes o enfermedades profesionales.

Artículo 204. Las tuberías o conductos que transportan fluidos (líquidos y gaseosos), y sustancias sólidas, se pintarán con colores adecuados, y de acuerdo con la norma establecida por la American Standards Association (S.A.S.), teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

1. El color naranja se empleará para pintar tuberías sin aislar que conduzcan vapor a cualquier temperatura; tuberías que conduzcan A.C.P.M, fuel-oíl, gasolina, petróleo y

combustibles en general; tuberías de escape de gases de combustión; cilindros y tuberías de acetileno; tubería que conduzca gas carbónico.

2. El color verde se empleará en tuberías y ductos para materiales granulados, etc., seguros y para las mangueras de oxígeno en los equipos de soldadura oxiacetilénica.

3. El color gris se empleará para pintar tuberías de agua fría, tuberías de agua caliente, con franjas de color naranja de dos pulgadas de ancho, espaciadas un metro entre sí, ductos y partes varias de sistemas de ventilación y extracción de gases, humos, neblinas, etc.

4. El color azul se empleará para pintar tuberías de aceite y sistemas de lubricación; tuberías de oxígeno y cilindros de oxígeno; conductos y bajantes de aguas lluvias; tubería que conduzca agua de pozos profundos. 5. El color amarillo se empleará para pintar tuberías de aire comprimido; tuberías que conduzcan amoníaco, tuberías que conduzcan soluciones alcalinas o soluciones ácidas. Estas tuberías tendrán distintivos para identificar los fluidos. 6. El color café se empleará para pintar tuberías del condensado del vapor. 7. El color blanco se empleará para pintar tuberías que conduzcan refrigerantes y partes varias de los sistemas de refrigeración; tuberías de vacío y partes varias del sistema de vacío.

Título VI – Capítulo I - Prevención de Incendios

Artículo 208. Las materias primas y productos que ofrezcan peligro de incendio, deberán ser mantenidos en depósitos incombustibles, si es posible fuera de los lugares de trabajo, disponiéndose en estos sólo de las cantidades estrictamente necesarias para la elaboración de los productos.

Artículo 212. Las sustancias químicas que puedan reaccionar juntas y expeler emanaciones peligrosas o causar incendios o explosiones, serán almacenadas separadamente unas de otras.

Artículo 213. Los recipientes de las sustancias peligrosas (tóxicas, explosivas, inflamables, oxidantes, corrosivas, radiactivas, etc.), deberán llevar rótulos y etiquetas para su identificación, en que se indique el nombre de la sustancia, la descripción del riesgo, las precauciones que se han de adoptar y las medidas de primeros auxilios en caso de accidente o lesión.

Título VIII — Capítulo I - Máquinas, Equipos y Aparatos en General

Artículo 266. Las máquinas-herramientas, motores y transmisiones estarán provistos de desembragues u otros dispositivos similares que permitan pararlas instantáneamente y de forma tal que resulte imposible todo embrague accidental.

Artículo 268. La limpieza y engrasado de las máquinas, motores, transmisiones, no podrá hacerse sino por el personal experimentado y durante la parada de estos. o en marcha muy lenta, salvo que exista garantía de seguridad para los trabajadores.

Artículo 272. Todas las máquinas, motores, equipos mecánicos, calderas de vapor y demás recipientes a presión, depósitos, tuberías de conducción de agua, vapor, gas o aire a presión, deberán estar: a) Libres de defectos de construcción y de instalaciones o implementos que puedan ofrecer riesgos. b) Mantenidos en buenas condiciones de seguridad y de funcionamiento mecánico. c) Operados y mantenidos por personal capacitado.

Artículo 281. No se permitirán espacios entre máquinas o equipos, o entre estos y muros, paredes u otros objetos estacionarios menores de 40 centímetros de ancho por donde pudieran

transitar personas. Si existiera una condición similar, se deberá resguardar o cerrar el paso con barreras.

Almacenamiento Seguro de Sustancias Químicas

En general, los productos químicos deben almacenarse bajo condiciones mínimas de seguridad, las cuales se complementan dependiendo el tipo de riesgo propio de la sustancia almacenada. Por tanto, las condiciones descritas adelante, son marco para todos los productos, pero dependiendo del riesgo (inflamable, corrosivo, reactivo con el agua, etc.) o de la necesidad de proteger la calidad del material se deben adoptar medidas complementarias. (Sura, 2019).

Algunos aspectos previos y complementarios al almacenamiento deben considerarse de manera permanente dentro del programa de riesgo químico. Dichos aspectos previos serán importantes tanto para la conservación de los productos que se almacenan como para la seguridad de las instalaciones y de quienes operan en esta área (Sura, 2019).

Conclusiones

Por medio del análisis del mercado de pinturas y recubrimientos realizado en este proyecto se puede evidenciar un crecimiento del consumo de resinas en la empresa para los siguientes tres años, esto indica que la empresa aumentara sus utilidades en cuanto al consumo galón por persona en cada uno de los sectores que atiende (Industrial, arquitectónico), siendo este último el de mayor interés para este estudio.

Por otra parte, se evidencia una inversión relativamente alta para dar inicio al proyecto, por lo cual se requiere que el inversionista determine de acuerdo con su nivel de riesgo financiero si dispone de un préstamo a entidades bancarias, que permita apalancar dicha inversión.

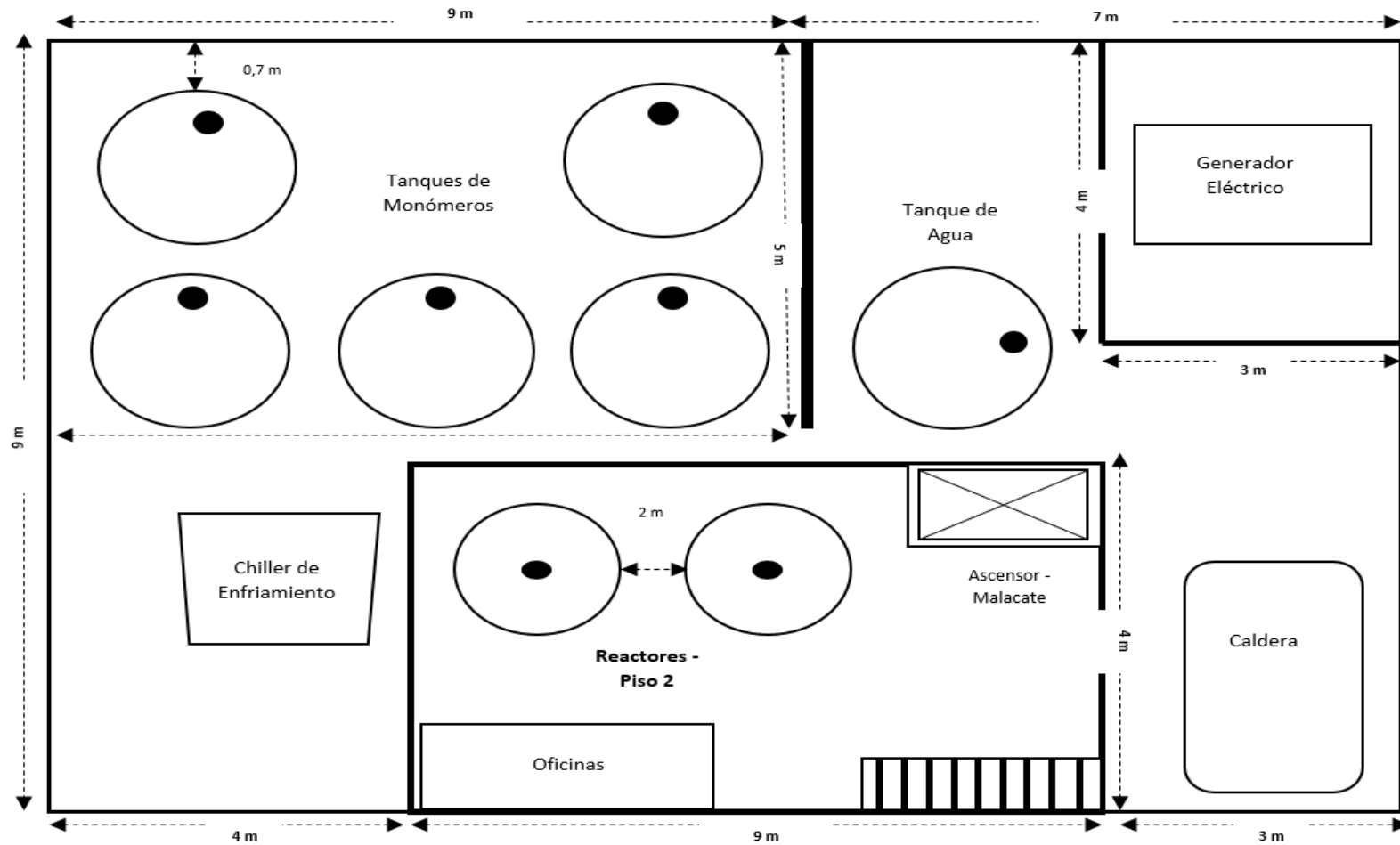
En cuanto al valor obtenido del VAN y TIR Tabla 28, se puede evidenciar un valor positivo a la inversión, pero que no es muy alto en comparación con la inversión inicial del proyecto, por ende, es necesario evaluar alternativas de costos en cuanto a la adquisición de maquinaria, equipos y capital de trabajo, que pueden tener un alza significativo del costo de inversión, teniendo en cuenta que la empresa cuenta con un área de construcción propio y por lo cual no requiere hacer una inversión.

Finalmente, el costo de la fórmula es aproximado y puede cambiar en función del costo de cada proveedor de materias primas que este sujeto a la oferta y demanda en las centrales de abastecimiento internacional y sus costos representativos de exportación.

El proyecto finalmente cumple con los lineamientos establecidos para el diseño y disposición de la planta de fabricación de resinas, de acuerdo con un layout balanceado.

Figura 31

Plano 2D de la Planta de Polimerización



Fuente: (Autor, 2021).

Referencias

- Alibaba. (2021). *Máquinas y equipos de planta*. <https://spanish.alibaba.com/>
- Arbeláez Ruíz, N. (2014). *Modelamiento y Simulación de un Reactor Semibatch*. [Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51986?locale-attribute=en>
- Basf. (2021). *Acronal Acrilyc Binders. Products*. <https://www.basf.com/us/en/products/General-Business-Topics/dispersions/Products/acronal1.html>
- Battle, O. +. (2021). *Agitadores Industriales*. <https://oliverbattle.com/prod/agitadores-industriales-dispermix-vf/>
- BYK. (2019). *Wetting and Dispersing Additives*. https://ebooks.byk.com/fileadmin/pdf/BYK_L-WI_1_EN_Online.pdf
- Calvo Carbonell, J. (2014). *Pinturas y Barnices: Tecnología Básica*.
<https://books.google.es/books>.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Diseño Integral de Plantas Productivas*. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/62603>
- DANE. (2019). *Encuesta Anual Manufacturera*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>
- Del Amo, S. (2015). *Tecnología de Pinturas -Tema Polimerización en emulsión*.
<https://drive.google.com/drive/folders/1ZwWepD9quUM5J-oNP9k94wJCImPktjrX>
- Guaqueta Gómez, J. (2016). *Diseño Planta de Fabricación de Productos Químicos*. [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3855/GuaquetaLopezJesicaAlexandra2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Higuita Palacio, J. (2021). *Inteligencia de Mercados*. Medellín.

<https://ode.medellindigital.gov.co/wp-content/uploads/2021/02/Doc-23-Pinturas-barnices-y-revestimientos.pdf>.

Kazan, Y. P. (2019). *Paslanmaz Imalati*. <https://www.yamanlarpaslanmaz.com/paslanmaz-kazan/>

Miranda, R. (2018). *Calderas: Clasificación, Usos y Mecanismos de Transferencia de Calor*.

https://www.academia.edu/37204691/CALDERAS_CLASIFICACION_USOS_Y_MECANISMOS_DE_TRANSFERENCIA_DE_CALOR

Restrepo, J. (2017). *Cálculos Predictivos del PCVC en Pinturas Base Agua*.

<https://fdocuments.ec/document/calculos-predictivos-del-cpvc-en-pinturas-base-agua.html>

Standard, P. (2018). *Materia prima para Pinturas*.

<https://www.unipinturas.com/materiasprimas.html>

Suprapinturas. (2021). <http://suprapinturas.com/>

Sura, C. A. (2019). *Almacenamiento Seguro de Sustancias Químicas*.

https://www.arlsura.com/files/almacenamiento_sustancias_quimicas.pdf

Valencia Napán, A. (2018). *Ingeniería de Plantas- Cálculo de Áreas*.

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesar-vallejo/disenio-y-gestion-de-plantas-industriales/apuntes/ingenieria-de-plantas-10-calculo-de-areas/8875359/view>