

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de una línea de electrodeposición de cromado de hojalata para el
sector alimenticio, adaptando tecnología local.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Robin Xavier Poveda Zapata

Logan Emmanuel Basurto Moreira

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a Dios por la fuerza espiritual que me ha dado, a mis padres por el apoyo incondicional que me brindaron, a mis amigos que me acompañaron siempre durante toda mi carrera universitaria y a mi novia que me motivo a seguir adelante y crecer como persona.

Logan Basurto Moreira

Dedico este proyecto a mi familia, quienes me han apoyado en las diferentes etapas de mi vida estudiantil y me han dado valiosos consejos e inculcado buenos valores, que han hecho posible que logre todos los objetivos que me he propuesto; y a mis amigos, que fueron mi compañía durante toda la vida universitaria y que me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

Robin Poveda Zapata

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos al ingeniero Gary Villón que nos orientó y nos guio en partes importantes de este proyecto, a mi compañero y amigo de tesis por apoyarme cuando lo necesitaba y a demás personas que contribuyeron a la finalización de este proyecto.

Logan Basurto Moreira

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que nos guiaron e hicieron posible la elaboración de este proyecto.

Robin Poveda Zapata

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Robin Xavier Poveda Zapata* y *Logan Emmanuel Basurto Moreira* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Robin Poveda Zapata



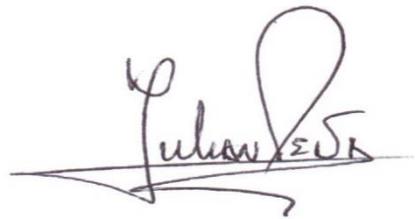
Logan Basurto Moreira

EVALUADORES

RODOLFO
EZEQUIEL
PAZ MORA

Digitally signed by
RODOLFO EZEQUIEL
PAZ MORA
Date: 2020.09.21
20:24:11 -05'00'

.....
Ing. Rodolfo Paz Mora, Msc.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julián Peña Estrella', written over a horizontal line.

.....
Ing. Julián Peña Estrella, Msc.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una línea de electrodeposición de cromado continuo para el sector alimenticio, adaptando tecnología y recursos locales para satisfacer un porcentaje del sector manufacturero de envases metálicos del Ecuador. Para la fabricación de estos envases a nivel nacional generalmente se emplea como materia prima: hojalata cromada y estañada, la cual es obtenida en su totalidad por los proveedores internacionales.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un estudio de mercado con la finalidad de establecer la cantidad de producción y las especificaciones de diseño para los parámetros de la línea de fabricación, a partir de esto se desarrolló la metodología del diseño con la finalidad de seleccionar la mejor alternativa, teniendo en cuenta criterios ingenieriles. Se obtuvieron parámetros de producción en base a las normativas ASM y ASTM. Finalmente, se realizó un plan de gestión de desechos peligrosos tomando en cuenta los acuerdos ministeriales que rigen en el Ecuador.

Se dimensionaron los tanques y se seleccionaron los equipos y accesorios necesarios, en base a los parámetros de producción. Además, se realizó un análisis de costos y de factibilidad para analizar la viabilidad del proyecto.

Finalmente, se concluye que el diseño de una planta se rige principalmente por la velocidad y cantidad de producción que esta realiza.

Palabras Clave: Hojalata cromada, Electrodeposición, Parámetros, Desechos peligrosos.

ABSTRACT

This project aims to design a continuous chrome electrodeposition line for the food industry, adapting local technology and resources to meet a percentage of Ecuador's metal packaging manufacturing sector.

For the manufacture of these packaging at the national level it is generally used as raw material: tin free steel and electrolytic tinplate, which is obtained in its entirety by international suppliers.

For the development of this project a market study was carried out in order to establish the amount of production and design specifications for the parameters of the manufacturing line, from this the design methodology was developed in order to select the best alternative, taking into account engineering criteria. Production parameters were obtained based on ASM and ASTM regulations. Finally, a hazardous waste management plan was carried out considering the ministerial agreements governing Ecuador.

The tanks were sized, and the necessary equipment and accessories were selected, based on production parameters. In addition, a cost and feasibility analysis were carried out to analyze the feasibility of the project.

Finally, it is concluded that the design of a plant is governed mainly by the speed and quantity of production that it carries out.

Keywords: *Tin Free Steel, Electrodeposition, Parameters, Hazardous waste.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1.Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Historia del recubrimiento electrolítico	4
1.4.2 El recubrimiento electrolítico en la industria alimenticia.....	5
1.4.3 Acero para recubrimientos metálicos.....	6
1.4.4 Procesos de limpieza de la superficie del sustrato	7
1.4.5 Electrodeposición en los metales.....	9
1.4.6 Recubrimientos de aceite electrostático	10
1.4.7 Parámetros del proceso de preparación y recubrimiento metálico.	11
1.4.8 Gestión de desechos peligrosos.....	12
CAPÍTULO 2.....	14

2.	Metodología	14
2.1	Análisis de las necesidades del cliente	14
2.2	Planteamiento de los objetivos de diseño	15
2.3	Tabla morfológica	16
2.3.1	Pre-tratamiento	16
2.3.2	Baño electrolítico	16
2.4	Ingresos y Salidas	17
2.4.1	Procesos de limpieza	17
2.4.2	Baño electrolítico	18
2.4.3	Línea de producción	19
2.5	Especificaciones de diseño	19
2.6	Alternativas de solución.....	23
2.6.1	Alternativas de la solución de los pretratamientos	23
2.6.2	Alternativas de la solución para el baño electrolítico	23
2.7	Criterios de diseño.....	24
2.8	Selección de la mejor alternativa.....	26
2.8.1	Pre-tratamientos	26
2.8.2	Electrodeposición.....	26
2.9	Diseño conceptual.....	27
2.10	Diseño preliminar.....	27
2.11	Diseño detallado.....	28
2.11.1	Cálculo de la capacidad de producción de la planta	28
2.11.2	Cálculo de la velocidad de recorrido de la línea de producción	29
2.11.3	Cálculo del motor para los rodillos motrices	30
2.11.4	Cálculo de tensiones en los rodillos.....	31
2.11.5	Selección de los equipos	31
2.11.6	Plan de gestión de desechos en la empresa	35

CAPÍTULO 3.....	37
3. Resultados y análisis	37
3.1 Análisis Estructural	37
3.1.1 Análisis de esfuerzos	37
3.1.2 Análisis del factor de seguridad	38
3.1.3 Análisis de deformación	38
3.2 Análisis de resultados.....	39
3.2.1 Sección de entrada	39
3.2.2 Sección de limpieza	39
3.2.3 Proceso de electrodeposición	43
3.2.4 Sección de salida.....	43
3.2.5 Elementos motrices	45
3.3 Análisis de costos.....	47
3.4 Análisis de factibilidad	52
3.5 Impacto Social.....	52
3.6 Impacto Ambiental.....	52
CAPÍTULO 4.....	54
4. Conclusiones Y Recomendaciones	54
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
TFS	Tin Free Steel
ETP	Electrolytic Tin Plate
ECCS	Electrolytic Chromium Coated Steel
ASM	American Society of Metals
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente
EN	European Committee for Standardization

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
Cu	Cobre
Ni	Níquel
%C	Porcentaje de Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
Cr	Cromo
S	Azufre
O	Oxigeno
A	Amperio
Dm	decímetro
Lt	Litros
C	Coulomb
V	Voltio
S	Segundos
Pb	Plomo
S	Estaño
H	Hidrogeno
°C	Grados Celsius
Hp	Caballos de fuerza
gr	Gramo
W	Watts
Pa	Pascal
N	Newton
Ton	Toneladas
min	Minuto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de materiales usados para la industria alimenticia.	1
Figura 1.2 Distribución del mercado de envases metálicos alimenticios en Ecuador..	3
Figura 1.3 PIB de la Hojalata Miles USD	3
Figura 1.4 Planta moderna de cromado continuo.....	5
Figura 1.5 Estructura de recubrimiento de la hojalata estañada y cromada	6
Figura 1.6 Equipo para el proceso de limpieza por aerosol.....	8
Figura 1.7 Vista lateral del proceso de recubrimiento electrolítico continuo	10
Figura 1.8 Maquina de engrase electrostático.....	11
Figura 1.9 Relación entre el tiempo de decapado vs la densidad de corriente	12
Figura 1.10 Plan de gestión de desechos peligrosos industriales	13
Figura 2.1 Metodología del diseño.	14
Figura 2.2 Caja negra de Pre-procesos.....	17
Figura 2.3 Caja transparente de Pre-procesos.....	17
Figura 2.4 Caja negra del proceso de electrodeposición.....	18
Figura 2.5 Caja transparente del proceso de electrodeposición.....	18
Figura 2.6 Caja negra del proceso de línea de producción.	19
Figura 2.7 Caja transparente del proceso de línea de producción.	19
Figura 2.8 Proceso de electrodeposición vertical.	24
Figura 2.9 Proceso de electrodeposición horizontal.....	24
Figura 2.10 Diseño conceptual a partir de los resultados de la matriz de decisión ...	27
Figura 2.11 Bosquejo preliminar de la planta de cromado continuo	27
Figura 2.12 Estructura del recubrimiento final	30
Figura 2.13 Distribución de los rodillos de tensión	31
Figura 2.14 Barra de aerosol para limpieza superficial.....	33
Figura 3.1 Resultados de esfuerzo en la estructura de los rodillos	37
Figura 3.2 Resultados de factor de seguridad en la estructura de los rodillos	38
Figura 3.3 Resultados de desplazamiento en la estructura de los rodillos.	38
Figura 3.4 Máquina desembobinadora con enderezadora	39
Figura 3.6 Máquina desembobinadora automática.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Requerimientos químicos para el acero base.....	7
Tabla 2.1 Desglose de las necesidades del cliente.....	15
Tabla 2.2 Tabla Morfológica para los pre-procesos.....	16
Tabla 2.3 Tabla Morfológica para el baño electrolítico.	16
Tabla 2.4 Designaciones de temple para cada rango de dureza.....	20
Tabla 2.5 Propiedades de la materia prima.....	20
Tabla 2.6 Parámetros de la electro-limpieza.	21
Tabla 2.7 Parámetros para el decapado.	21
Tabla 2.8 Parámetros para el baño electrolítico.....	22
Tabla 2.9 Masa para el recubrimiento de ECCS.....	22
Tabla 2.10 Recubrimiento de aceite.....	22
Tabla 2.11 Ponderación de los criterios.....	25
Tabla 2.12 Matriz de decisión para los pre-procesos.	26
Tabla 2.13 Matriz de decisión para el baño electrolítico.....	26
Tabla 2.14 Listado Nacionales de desechos peligrosos.....	36
Tabla 3.1 Especificaciones de la desembobinadora de entrada.....	39
Tabla 3.2 Especificaciones del tanque de enjuague.....	40
Tabla 3.3 Especificaciones de la boquilla para el enjuague.....	41
Tabla 3.4 Especificaciones del tanque de desengrase.....	41
Tabla 3.5 Especificaciones del tanque de decapado.....	42
Tabla 3.6 Especificaciones de la boquilla para el decapado.	42
Tabla 3.7 Especificaciones del tanque de electrodeposición.	43
Tabla 3.8 Parámetros del proceso de electrodeposición.....	43
Tabla 3.9 Estructura para los rodillos de tensión.....	44
Tabla 3.10 Máquina de engrasado electroestático.....	44
Tabla 3.11 Especificaciones de la mesa de inspección.....	44
Tabla 3.12 Especificaciones de la desembobinadora de salida.....	45
Tabla 3.13 Especificaciones del rodillo sumergido de alta fricción.....	45
Tabla 3.14 Especificaciones de los rodillos transportadores.....	46
Tabla 3.15 Especificaciones del rodillo libre.....	46
Tabla 3.16 Especificaciones del motor utilizado en los rodillos motrices.....	46
Tabla 3.17 Especificaciones del regulador de frecuencia.....	47

Tabla 3.18 Costos fijos mensuales.....	47
Tabla 3.19 Costos variables mensuales.....	48
Tabla 3.20 Costos de equipos necesarios para la implementación de la planta.	48
Tabla 3.21 Consumo energético mensual dentro de la línea de producción.	49
Tabla 3.22 Costo total de agua consumida mensualmente.....	49
Tabla 3.23 Datos del préstamo para la inversión inicial.	50
Tabla 3.24 Parámetros de producción iniciales.	50
Tabla 3.25 Flujo de caja.	51
Tabla 3.26 Indicadores financieros.	52

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Tanque de desengrase
PLANO 2	Tanque de enjuague
PLANO 3	Tanque de decapado
PLANO 4	Tanque de enjuague prolongado
PLANO 5	Tanque de electrodeposición
PLANO 6	Estructura de los rodillos transportadores
PLANO 7	Estructura de los rodillos de tensión
PLANO 8	Línea de fabricación

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de envases para conservas de alimentos existen varios tipos de materia prima, las cuales se emplean para algunas variedades de alimentos como conservas, vegetales, frutas, cárnicos, lácteos, jarabes, emulsiones, entre otros. En la industria alimenticia ecuatoriana, los envases alimenticios son fabricados principalmente de dos materiales: envases metálicos y envases plásticos y estos, a su vez, se subdividen en materiales más específicos. (Fadesa, 2017)

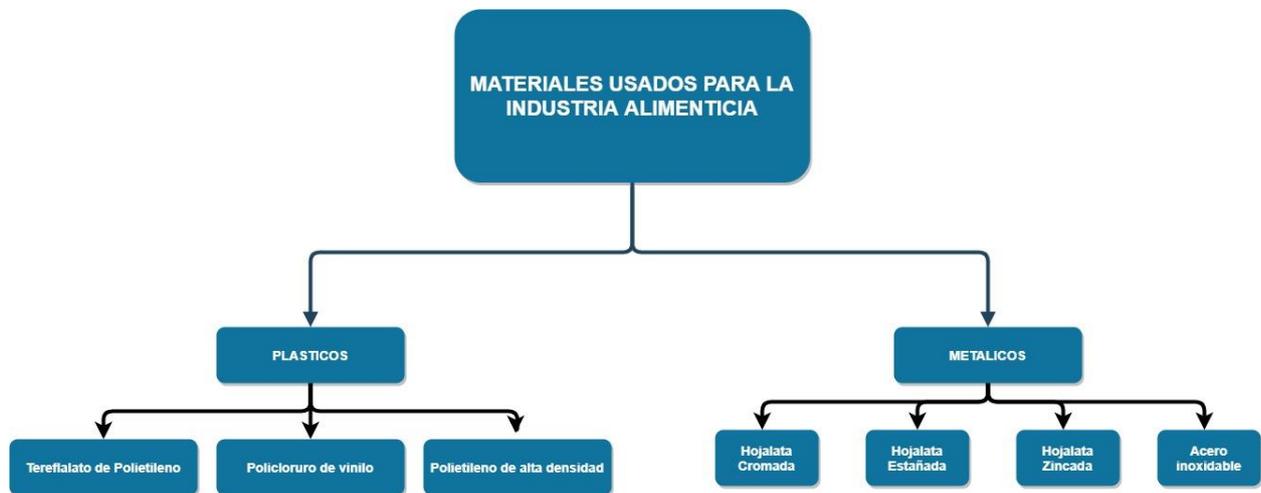


Figura 1.1 Tipos de materiales usados para la industria alimenticia.

(CASP & ABRIL, 2003)

La hojalata cromada (TFS) o acero con recubrimiento de cromo (ECCS) surgió como alternativa al uso de la hojalata estañada (ETP) para la conservación de alimentos, teniendo al acero como material base. Este material es manufacturado realizando un proceso electrolítico al acero en el que se lo recubre de cromo en un baño de óxido de cromo (CrO_3) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este proceso no deja sustratos tóxicos en la superficie del acero como cromatos o dicromatos y puede ser conformado de la misma manera que el ETP. (Varzakas & Tzia, 2015)

Ventajas

- La capa de cromo proporciona resistencia contra la corrosión.
- El acabado de cromo provee una mayor adhesión para la laca.

- Buena resistencia química y térmica.
- Tolerancias a altas temperaturas de procesado y mayor presión interna.
- La capa superpuesta de óxido de cromo previene la oxidación y la absorción del sabor del hierro.

Desventajas

- Requiere un lacado obligatorio debido a que posee baja resistencia a la abrasión.
- Difícil de soldar.
- Presenta limitaciones de uso para alimentos ácidos.(American Society of Materials, 2000)

1.1 Descripción del problema

En Ecuador existen varias empresas comerciales que se dedican a la importación de acero que abastecen el mercado local y cubren la demanda de las empresas manufactureras locales para la producción de componentes y piezas metálicas. Sin embargo, en un segmento del mercado, las industrias que fabrican envases metálicos para el sector alimenticio no pueden utilizar directamente esta materia prima que comercializan los proveedores locales, debido a que, para la elaboración de estos envases es necesario realizar al acero varios procesos de manufactura para la obtención de la hojalata cromada. Es por esto que existe una gran dependencia de la materia prima. (Fadesa, 2017) Además, tener una planta que procese este producto implicaría significativos costos para su implementación, mantenimiento de equipos, y demás gastos que genere la instalación de esta infraestructura; es por esto que, se ha relegado esta temática a la importación directa de la hojalata cromada. Debido a esto, es necesario definir una matriz de producción en el país para desagregar e insertar dicho producto en el mercado nacional y dar la oportunidad de generar beneficios a la mano de obra ecuatoriana.

1.2 Justificación del problema

La materia prima (hojalata cromada) que necesita la industria alimenticia ecuatoriana es importada de países como Alemania, China, Estados Unidos y España. Además, teniendo en consideración que a nivel nacional se producen algo más de 10,000 millones de envases metálicos anualmente; se puede potenciar a la

industria local para satisfacer las necesidades de las empresas que fabrican envases metálicos, dando la oportunidad a los técnicos nacionales para competir con sus productos y poner a las ordenes en el mercado nacional un producto con altos estándares de calidad y bajo costo. Consecuentemente, se reduciría el costo de transportación del acero, aranceles de importación y demás factores implícitos por las toneladas de acero que las empresas requieren para su producción.

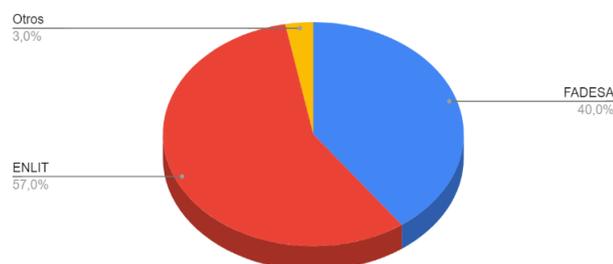


Figura 1.2 Distribución del mercado de envases metálicos alimenticios en Ecuador
Fuente: Elaboración Propia

En Ecuador la hojalata ha tenido un aumento de importación anual lo que se ve reflejado en el aumento de la fabricación de los envases metálicos. Como se muestra en la figura, los costos de PIB se han incrementado anualmente lo que significa un mayor costo de importación para las empresas manufactureras ecuatorianas.

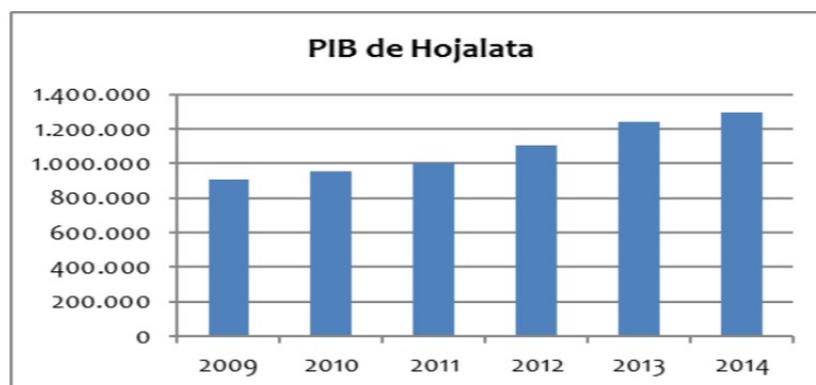


Figura 1.3 PIB de la Hojalata Miles USD (ENLIT, 2016)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea de manufactura para la elaboración de hojalata cromada para su utilización como envases metálicos empleados por la industria alimenticia, desarrollando tecnología local y acceso a mano de obra nacional.

1.3.2 Objetivos Específicos

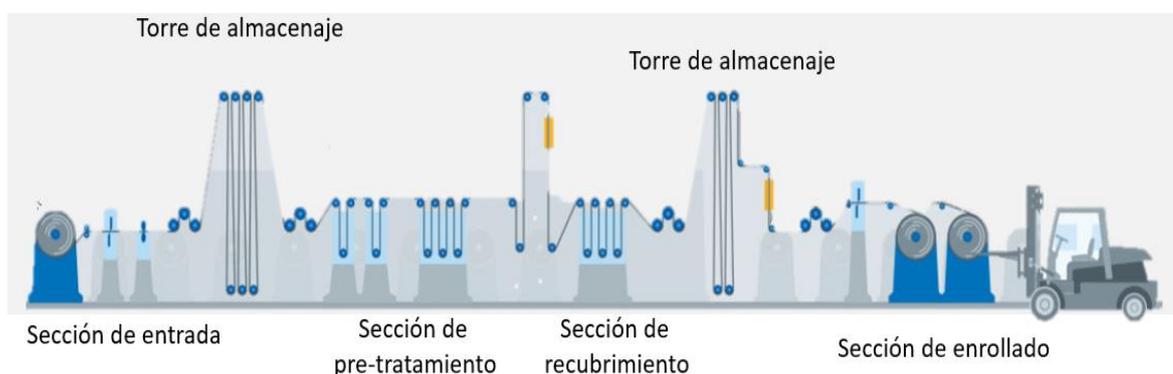
- Investigar el mercado de las empresas que utilizan la hojalata cromada como materia prima y sus proveedores.
- Analizar las variables que intervienen durante los procesos de manufactura para la obtención de la hojalata cromada.
- Elaborar un diseño conceptual de la línea de manufactura para la fabricación del producto sugerido.
- Seleccionar los parámetros y equipos a emplearse en los procesos de la línea de producción.
- Desarrollar un plan de gestión para los desechos generados en la línea de producción.
- Estimar el costo de implementación de la línea de manufactura para satisfacer un porcentaje de la demanda nacional.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Historia del recubrimiento electrolítico

Los metales han sido utilizados desde tiempos remotos para recubrir objetos, por ejemplo, platos, estatuas, accesorios empleados por la realeza, entre otros. las cuales se adherían de manera mecánica o se lograba tener un recubrimiento con tratamientos químicos. (Kopp & Colin Fink, 1993) No fue sino hasta inicios del siglo XIX que surgió la galvanoplastia moderna, el inventor; Alessandro Volta, había creado la pila eléctrica la cual fue empleada para recubrir de oro y plata una pieza metálica, sin embargo, su trabajo no fue publicado. Por este motivo se siguió empleando baños electrolíticos antiguos como el de dorado con mercurio también llamado “dorado al fuego”.

En 1840 se creó la primera patente de electrodeposición y junto con ello la primera empresa de recubrimiento por electrodeposición, la cual fue empleada para recubrir metales de oro a partir de baños de cianuro de potasio. La empresa fue fundada por George y Henry Elkington en Inglaterra. Actualmente las plantas electrolíticas están automatizadas, de tal manera que, el nivel de producción sea más alto y a su vez cumplan los estrictos estándares de calidad.(Pary, 2018)



**Figura 1.4 Planta moderna de cromado continuo
(ThyssenKrupp Rasselstein, 2019)**

1.4.2 El recubrimiento electrolítico en la industria alimenticia

El comercio de los envases metálicos en la industria alimenticia tuvo comienzo a principios del siglo XIX, en donde los contenedores se fabricaban a partir de hojalata estañada, aluminio, vidrio y plástico. Actualmente los metales más utilizados para el recubrimiento de envases son: aluminio, estaño y cromo. En donde, el acero o metal base se recubre con estaño o cromo formando la hojalata estañada y cromada respectivamente. La función principal de este recubrimiento es aportar una resistencia a la corrosión al metal base, esto se logra mediante la formación de varias capas de protección a la superficie, seguidas de una capa de aceite para ayudar a proteger a la lámina en el transcurso de la producción a través de las máquinas de formado de latas. (Robertson, 2013) La estructura final del material empleado para la formación de enlatados se puede observar en la siguiente imagen.

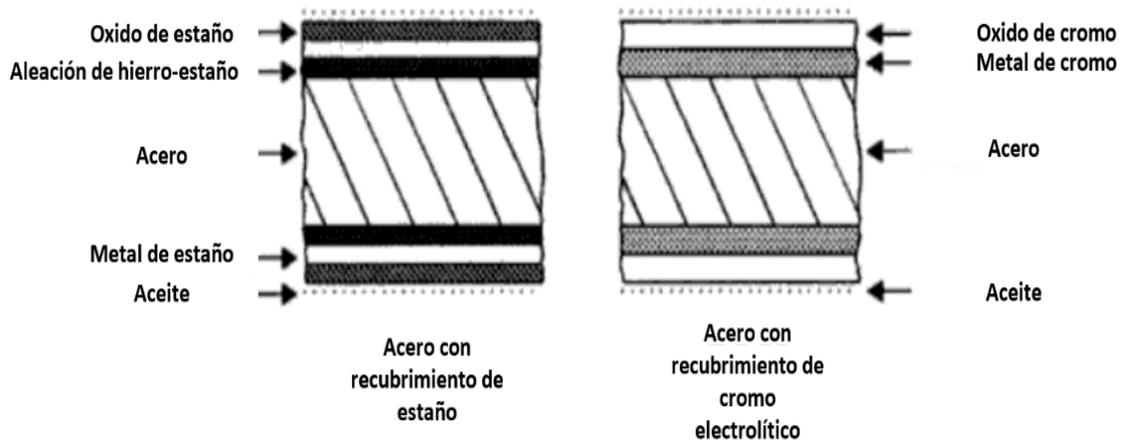


Figura 1.5 Estructura de recubrimiento de la hojalata estañada y cromada (Robertson, 2013)

1.4.3 Acero para recubrimientos metálicos

Llamada comúnmente “Hojalata”, es el acero de bajo contenido de carbono con un espesor de entre 0.14 a 0.2 mm, con rangos de dureza específicos dependiendo del tipo de alimento a envasar. Existen 3 tipos de materiales para realizar el recubrimiento metálico: Tipo D, Tipo L, Tipo MR. (ASTM, 2003)

Tipo D

Acero desoxidado, se emplea para minimizar el riesgo a las estrías, generalmente se emplea para embutición profunda.

Tipo L

Bajo en elementos residuales, utilizado por su alta resistencia a la corrosión interna, utilizado ampliamente en la industria alimenticia.

Tipo MR

Similar al Tipo L pero con menor porcentaje de elementos residuales, es empleado por productos con revestimiento de estaño.

Tabla 1.1 Requerimientos químicos para el acero base. (ASTM, 2003)

Elemento	Composición, máx. %		
	Tipo D	Tipo L	Tipo MR
Carbono	0.12	0.13	0.13
Manganeso	0.6	0.6	0.6
Fosforo	0.02	0.015	0.02
Azufre	0.03	0.03	0.03
Silicio	0.02	0.02	0.2
Cobre	0.2	0.06	0.2
Níquel	0.15	0.04	0.15
Cromo	0.1	0.06	0.1
Molibdeno	0.05	0.05	0.05
Aluminio	0.2	0.1	0.2
Otros elementos	0.02	0.02	0.02

1.4.4 Procesos de limpieza de la superficie del sustrato

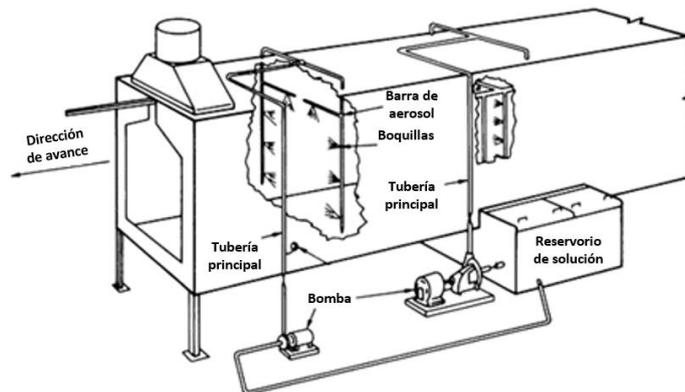
Los procesos de limpieza tienen como finalidad la remoción de aceites, grasas, pulidos y contaminantes varios que presenta la materia prima luego de su fabricación. La efectividad o condiciones de operación de este proceso depende de las especificaciones del sustrato y la aplicación específica que se le vaya a dar. (American Society of Materials, 2000)

Los métodos más comunes aplicados a nivel industrial de menor a mayor grado de limpieza son: desengrase mediante solventes de vapor, limpieza alcalina, electro-limpieza alcalina, limpieza alcalina y ácida, y limpieza ultrasónica. (American Society of Materials, 2000)

El proceso de pre-limpieza, que es el primer paso de los pre-tratamientos, se lo realiza inmediatamente después de la fabricación de la materia prima, debido a que, la remoción de los lubricantes de estampado y los compuestos de pulido se complica mucho más si no se los extraen en un tiempo determinado, pudiendo llegar a atacar químicamente al metal causando perforaciones. (ASTM B 183, 2014) Este tipo de limpieza se lo realiza mediante el uso de solventes orgánicos, entre los más usados tenemos: tricloroetileno, cloruro de metileno, tolueno y

benceno. Estos disolventes se los puede aplicar mediante barrido, inmersión en tanque o aerosol.

El desengrase de vapor se logra sumergiendo el sustrato en una nube de vapor de disolvente, el cual, se condensa en la superficie del metal y disuelve los contaminantes, posteriormente se lo enjuaga con un disolvente líquido para completar el proceso de limpieza. Las desventajas que presenta este tipo de limpieza son los residuos que dejan los disolventes en la superficie del metal, lo que implica agregar procedimientos extras para la limpieza de estos; y el impacto ambiental que implica el uso de estos químicos. (American Society of Materials, 2000)



**Figura 1.6 Equipo para el proceso de limpieza por aerosol
(American Society of Materials, 2000)**

De los métodos de limpieza más utilizados en los procesos industriales está la limpieza alcalina, la cual utiliza medios físicos y químicos; en los cuales se emplea combinaciones de ingredientes tensioactivos, saponificadores, emulsionantes y quelantes, así también como estabilizadores. El principio de funcionamiento de estos ingredientes es la formación de partículas insolubles suspendidas, las cuales son atraídas eléctricamente hacia la superficie del sustrato, y mediante el proceso de limpieza con la acción de agentes humectantes neutralizan esta carga eléctrica, lo que separa a estas partículas sólidas de la superficie del sustrato; eliminándolas finalmente en forma de lodos. (American Society of Materials, 2000)

Luego del desengrase se suele realizar un proceso de decapado al sustrato, este proceso tiene como objetivo la remoción de los óxidos, los contaminantes, aceites,

grasas, entre otros. Comúnmente se realiza este proceso mediante una limpieza ácida. Este tipo de limpieza utiliza compuestos ácidos los cuales tienen la habilidad de disolver los óxidos de la superficie del sustrato.

Los compuestos comúnmente usados en este tipo de limpieza son el ácido clorhídrico, sulfúrico y nítrico; pero también se suele usar ácidos orgánicos como el cítrico, acético, tartáricos y glucónicos. (American Society of Materials, 2000)

1.4.5 Electrodeposición en los metales

El principio de la electrodeposición está basado principalmente en las dos leyes de Faraday las cuales establecen lo siguiente: 1) El contenido de masa del metal depositado es directamente proporcional a la cantidad de electricidad transferida. 2) Para la misma cantidad de corriente, la cantidad de masa depositada en el sustrato es proporcional a la valencia electroquímica del metal utilizado. El proceso de electrodeposición se realiza en una cuba electrolítica o tanque que contiene en su interior una sustancia llamada electrolito, esta sustancia es una solución líquida que sirve como medio de conducción y está conformada por varios químicos que contienen al material a ser depositado en la superficie del metal de trabajo.

Estos químicos al recibir una cierta cantidad de corriente se disuelven en el agua formando iones que adquieren cargas positivas o negativas. Por lo general, se carga eléctricamente al sustrato con una carga positiva, por lo que, haría las veces de cátodo; y los iones que se forman en la sustancia del electrolito al momento que se disuelve el ánodo poseen carga negativa, esto provoca que los iones del metal se adhieran a la superficie del sustrato y se alcance el recubrimiento deseado.(Poyner, 1991)

Para los procesos de electrodeposición comúnmente se suelen usar dos tipos de ánodos, los solubles y los insolubles o inertes. Los ánodos solubles, son placas metálicas que se disuelven por acción de una densidad de corriente.(C. L. MANTELL, 2010) Por otro lado, los ánodos inertes tienen la característica de que no se disuelven en el baño electrolítico, sino que, son utilizados principalmente

cuando el metal a depositarse en el sustrato posee un elevado costo de adquisición, y se lo coloca en el baño únicamente para cerrar el circuito eléctrico ánodo-cátodo; logrando así, que se produzca la electrodeposición directamente de la sustancia con el material de trabajo. Sin embargo, el uso de este tipo de ánodo requiere un control más delicado de la concentración de las sustancias.(Poyner, 1991) Por lo general, los ánodos inertes están formados de aleaciones de plomo, titanio, acero inoxidable, entre otros.

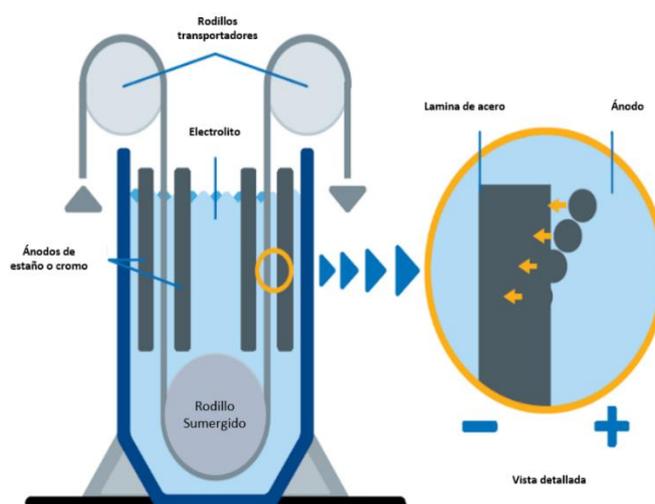


Figura 1.7 Vista lateral del proceso de recubrimiento electrofórico continuo (ThyssenKrupp Rasselstein, 2019)

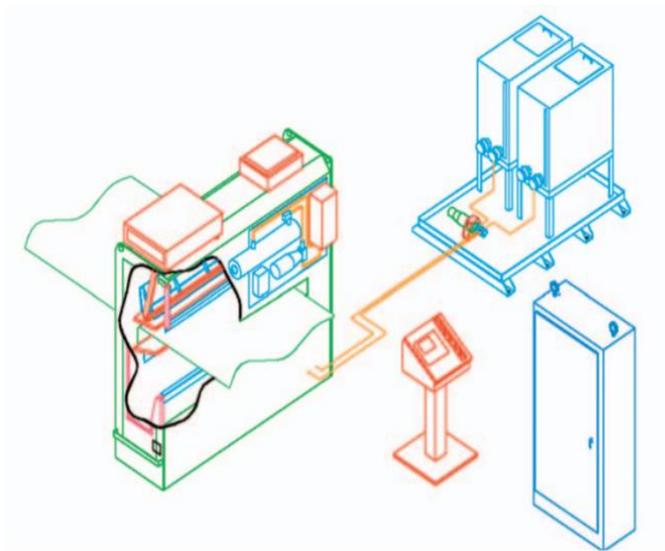
1.4.6 Recubrimientos de aceite electrostático

Luego del recubrimiento principal de la lámina de acero u hojalata es necesario realizarse un último proceso denominado engrasado electrostático. Este proceso se lo realiza mediante un sistema de rocío por aerosol al que se le aplica un campo eléctrico, el cual provoca que las partículas de aceites sean fuertemente atraídas a la superficie de trabajo al aplicarles cargas opuestas; provocando así, que se estas partículas se adhieran formando una fina capa de recubrimiento uniforme de aproximadamente 3 mg/m². (Scot Foster, 2020)

La función principal de aplicar un recubrimiento de aceite es crear una capa de separación entre el recubrimiento principal y el ambiente, protegiéndolo así de la corrosión que se pueda llegar a producir durante los procesos de manufacturas

posteriores que se realicen a este material. Además, el lubricante disminuye la fricción, provocando que se conserve la calidad superficial. (Shirizly & Lenard, 2000)

En la práctica se utiliza comúnmente el sebacato de dioctilo (DOS) para la hojalata estañada, y para la hojalata cromada se puede usar el sebacato de dioctilo o el aceite de estearato de butilo (BSO). (European Committee for Standardization, 2001)



**Figura 1.8 Máquina de engrase electrostático
(GFG PEABODY, 2020)**

1.4.7 Parámetros del proceso de preparación y recubrimiento metálico.

Los parámetros involucrados en los procesos de limpieza y recubrimiento son: temperatura, densidad de corriente, aditivos, pH y concentración de las soluciones. Estas variables están interrelacionadas en el efecto que provocan dentro del proceso de recubrimiento de cualquier material, es por esto que, se debe tener un riguroso control de su rango de operación mediante una buena instrumentación y normas de estandarización. Estos parámetros también dependen de la calidad del depósito que se esté utilizando, así también como; el equipo y los materiales de construcción de la línea de producción. (Graham & Pinkerton, 1955)

La temperatura afecta principalmente a la cinética de la reacción, es por esto que, a una mayor temperatura se logra una superficie de recubrimiento más uniforme; por otro lado, la densidad de corriente aumenta la velocidad de electrodeposición del metal en la superficie de trabajo; pero existe un rango límite en esta, ya que a altas densidades de corriente se puede producir depósitos muy frágiles; y a bajas densidades, un recubrimiento con impurezas. Además de los parámetros del baño, es necesario incorporar aditivos para mejorar la calidad superficial resultante tanto de los procesos de limpieza como en los de recubrimiento. (Nava, 2013)

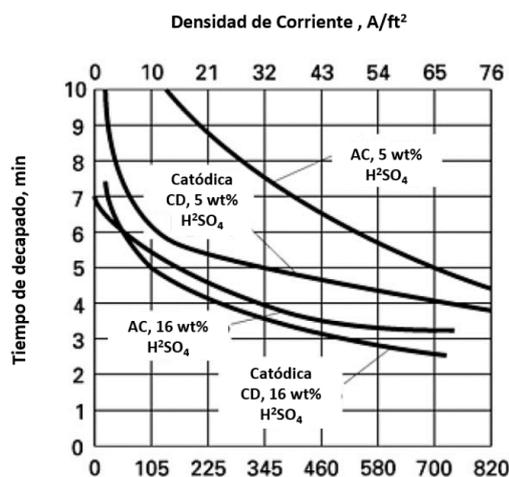


Figura 1.9 Relación entre el tiempo de decapado vs la densidad de corriente (American Society of Materials, 2000)

1.4.8 Gestión de desechos peligrosos

Para una correcta gestión integral de los desechos peligrosos se toma en consideración los siguientes planes:

Generación: En esta etapa se generan los desechos de los procesos de pre-tratamiento, recubrimiento y post-tratamientos.

Recolección: Se realiza el retiro y depósito de los desechos generados en diferentes tanques de almacenamiento con la finalidad de no mezclar las sustancias químicas y generar una reacción violenta.

Almacenamiento temporal: Se rotula los contenedores con fecha de recolección, tipo de sustancia, nivel de peligrosidad y su respectivo código.

Transporte: Se transportan los contenedores hacia su disposición final.

Aprovechamiento: Se valoriza el desecho con el fin de alargar la vida útil de los implementos y equipos usados para su aprovechamiento.

Disposición final: Los residuos que no se pudieron aprovechar se los desechan en cuerpos abiertos o alcantarillado, tomando en cuenta las regulaciones y normativas descritas en el TULSMA. (DELGADO & OCHOA, 2019)

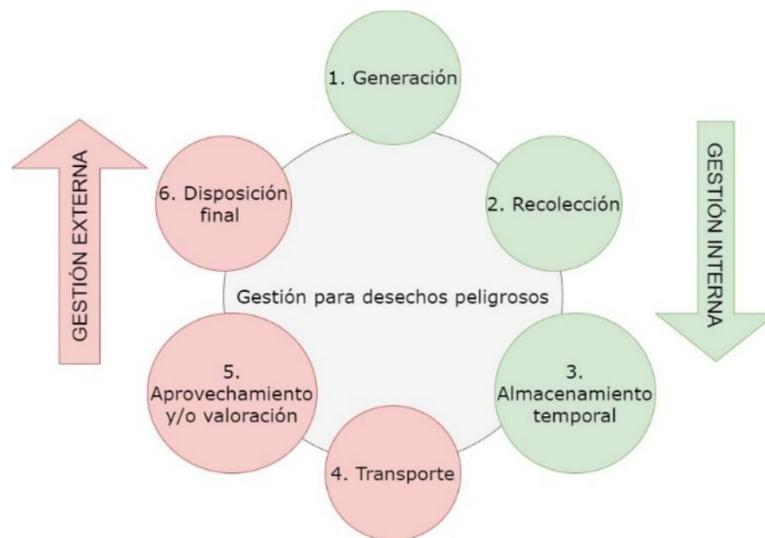


Figura 1.10 Plan de gestión de desechos peligrosos industriales

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de la planta de cromado que se llevó a cabo consta de 5 pasos, los cuales comenzaron desde las necesidades del cliente, hasta el diseño detallado de esta; tomando en cuenta los pre-tratamientos y post-tratamientos que se necesitaron para el correcto funcionamiento de la planta.



Figura 2.1 Metodología del diseño.

Fuente: Elaboración propia

2.1 Análisis de las necesidades del cliente

A continuación, se muestran las necesidades del cliente que se obtuvieron mediante consulta a normas y trabajadores de las empresas objetivo. Estas necesidades se categorizaron como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.1 Desglose de las necesidades del cliente.

Fuente: Elaboración propia

Necesidades del cliente	O	R	F	M
Masa depositada de cromo entre 50 y 140 mg/m ²	✓			✓
Lámina de 760 mm de ancho	✓			
Producción de 75 toneladas mensuales	✓	✓		
Calidad superficial opaca	✓			
Resistencia a la corrosión que cumpla las normativas			✓	
Recubrimiento de aceite	✓			
Tamaño de bobina entre 2 y 8 toneladas		✓		
Costos de adquisición bajos	✓	✓		
Material base de composición de carbono entre 0.02-0.15%		✓		✓

2.2 Planteamiento de los objetivos de diseño

Se establecieron los siguientes objetivos de diseño considerando la información obtenida de la normativa ASM, y del análisis de las líneas de producción de las empresas internacionales.

- Minimizar la distancia entre los equipos.
- Minimizar la intervención de personal en la operación de los equipos.
- Reducir los costos de producción y del producto.
- Reducir el uso de químicos peligrosos y no amigables con el ambiente
- Maximizar la continuidad de funcionamiento.
- Realizar un correcto tratamiento a las aguas residuales que generan los procesos.
- Seleccionar los equipos con el objetivo de aumentar la producción a largo plazo.
- Maximizar la calidad del recubrimiento.

2.3 Tabla morfológica

2.3.1 Pre-tratamiento

Tabla 2.2 Tabla Morfológica para los pre-procesos.

Fuente: Elaboración propia

Función	Medios			
Eliminar grasas del material	Desengrase alcalino 1	Desengrase ácido 2	Electro-limpieza 3	-
Remover óxidos del material	Decapado alcalino y enjuague 1	Decapado ácido y enjuague 2,3	Limpieza por emulsión y enjuague	-
Reducir los costos de producción	Procesos de tratamiento económicos 1,2	Químicos a utilizar disponibles en el mercado local 3	Velocidades altas de tratamiento	Tamaño de los tanques
Disminuir el impacto al medio ambiente	Uso de inhibidores 1	Soluciones químicas no contaminantes 2	Sistemas de depuración de efluentes 3	-

2.3.2 Baño electrolítico

Tabla 2.3 Tabla Morfológica para el baño electrolítico.

Fuente: Elaboración propia

Función	Medios			
Recubrir la superficie de la lámina	Cromado 1,2	Galvanizado	Zincado	Estañado
Proteger de la corrosión al metal base	Elemento de recubrimiento menos corrosivo 1,2	Mayor espesor de recubrimiento	Empleando un metal base menos corrosivo	Realizar doble recubrimiento con 2 elementos distintos
Mejorar el acabado superficial	Empleando aditivos 1,2	Empleando ácidos	Electro-pulido	-
Método de transporte	Vertical 1	Horizontal 2	Tornillo de gusano	-

2.4 Ingresos y Salidas

2.4.1 Procesos de limpieza

Caja negra



Figura 2.2 Caja negra de Pre-tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

Caja transparente

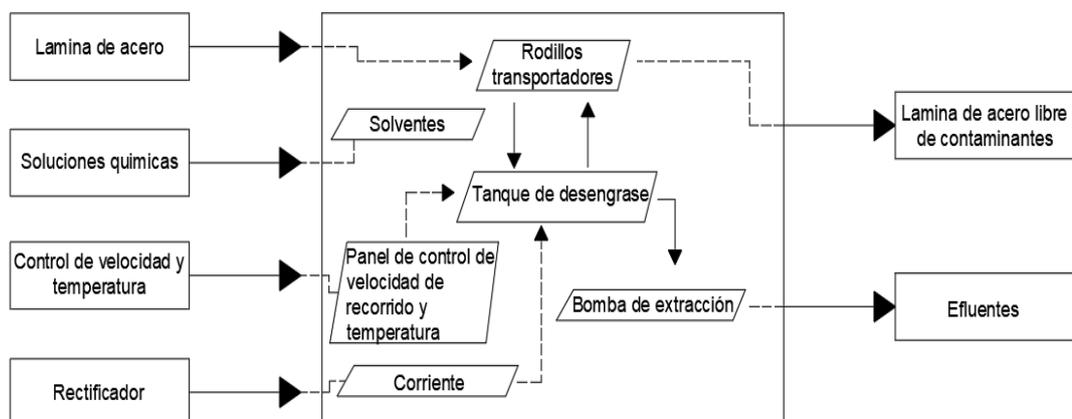


Figura 2.3 Caja transparente de Pre-tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Baño electrolítico

➤ Caja negra



Figura 2.4 Caja negra del proceso de electrodeposición.

Fuente: Elaboración propia

➤ Caja Transparente

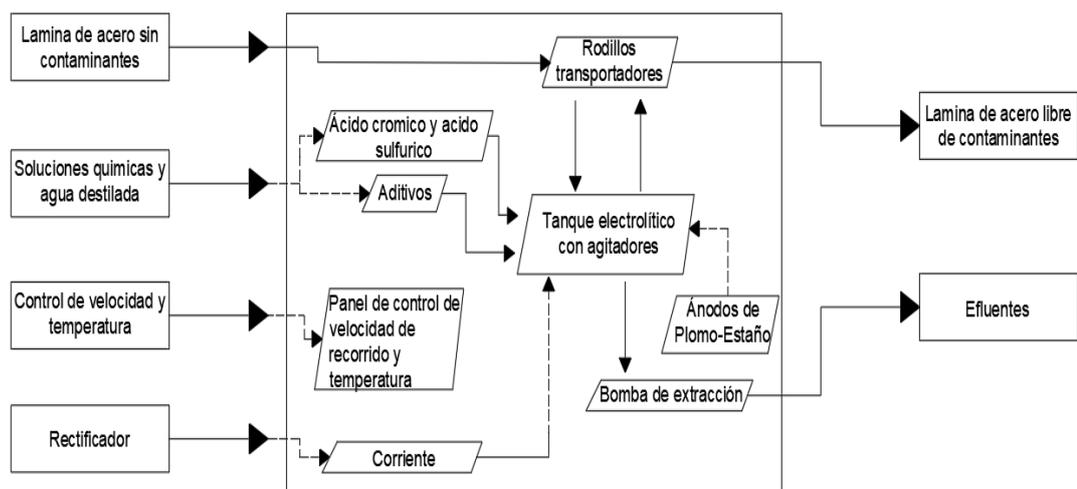


Figura 2.5 Caja transparente del proceso de electrodeposición.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Línea de producción

➤ Caja Negra



Figura 2.6 Caja negra del proceso de línea de producción.

Fuente: Elaboración propia

➤ Caja Transparente

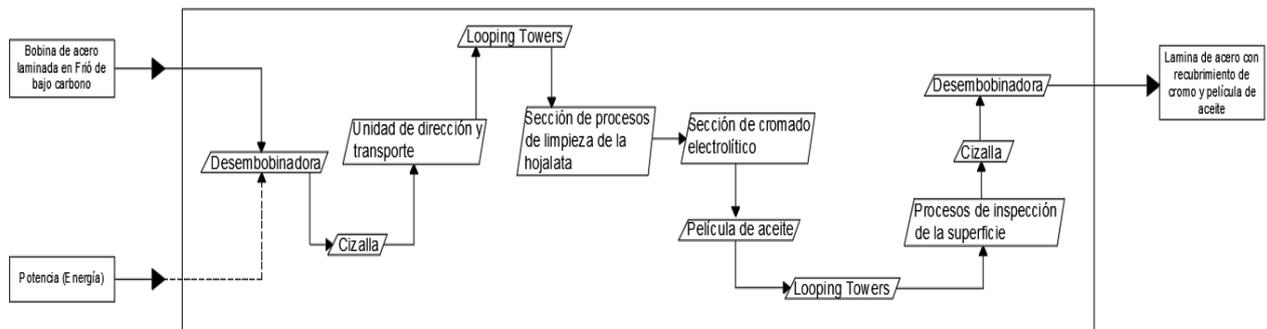


Figura 2.7 Caja transparente del proceso de línea de producción.

Fuente: Elaboración propia

2.5 Especificaciones de diseño

Previo a establecer las especificaciones de diseño de los procesos involucrados en la línea de fabricación, se realizó una búsqueda bibliográfica para obtener las propiedades de la materia prima y el rango estándar de operación de cada proceso.

Tabla 2.4 Designaciones de temple para cada rango de dureza.

(AHMSA, 2015)

Temple	Dureza Nominal / Min-Max	Características	Usos
T2	53/ 49-57	Embutidos moderados	Tapa oval, botes
T3	57/ 53-61	Embutidos profundos	Cuerpos tapa oval, tapa y fondo.
T3*	57/ 53-61	Moderada resistencia	Tapas abre fácil "Twist Off".
T4	61/ 57-65	Aplicaciones que requieren rigidez mayor	Cuerpos y fondos de botes y corcholatas
T5	65/ 61-69	Rigidez elevada	Conservación de productos moderadamente o nada corrosivos.

A continuación, se presentan las propiedades del material que se empleará como materia prima en el proceso de recubrimiento de la línea de producción. Estas propiedades se obtuvieron a partir de las necesidades del cliente y la norma ASM Vol.5.

Tabla 2.5 Propiedades de la materia prima.

(Wang, 2020)

Acero empleado	Hojalata
Rango de dureza	61-69 HRC
Espesor	0.2 mm
Anchura	716 mm
Tolerancia de espesor	±0.01 mm
Tolerancia de anchura	±0.01 mm
Tolerancia de largo	±1 mm

El inicio del proceso a la cual se somete la materia prima es el desengrase. Los parámetros utilizados fueron obtenidos según la recomendación de la norma ASTM B183 que menciona los requerimientos de limpieza mediante electrodeposición de aceros de bajo carbono. A continuación, se obtuvo el rango de los parámetros para este proceso.

Tabla 2.6 Parámetros de la electro-limpieza. (ASTM B 183, 2014)

Solución de enjuague	60-90 g/L
Densidad de corriente	5-6 A/dm ²
Voltaje	Entre 6 V
Temperatura	60-90 °C
Tiempo de operación	1-4 min

El último tratamiento de limpieza antes de la electrodeposición es el decapado ácido, que al igual que el proceso anterior también se los obtuvo de la recomendación de la norma ASTM B183. Estos parámetros se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.7 Parámetros para el decapado. (ASTM B 183, 2014)

Rango de solución del ácido	150-500 g/L
Primer baño: Concentración del ácido sulfúrico	55-60% de concentración
Segundo baño: Concentración del ácido sulfúrico	20% de concentración
Temperatura	50-70 °C
Agitación	Sí

Las condiciones de operación para el proceso de electrodeposición varían dependiendo de la cantidad de producción que se requiera. En la siguiente tabla se muestra el rango de parámetros establecido por la normativa ASM.

**Tabla 2.8 Parámetros para el baño electrolítico.
(American Society of Materials, 2000)**

Composición	
Ácido Crómico CrO ₃	250 [gr/L]
Ácido sulfúrico H ₂ SO ₄	2.5 [gr/L]
Relación del baño	100:1
Condiciones	
Temperatura	45-50 [°C]
Densidad de corriente	0.07-0.16 [A/dm ²]
Agitación	Opcional
Voltaje	6-12 [V]

**Tabla 2.9 Masa para el recubrimiento de ECCS
(European Committee for Standardization, 2001)**

	Masa del recubrimiento (mg/m ²) para cada superficie	
	Mínimo	Máximo
Cromo	50	140
Óxido de cromo	7	35
Nota: La cantidad de cromo depositada es la suma del cromo metálico y el óxido de cromo trivalente.		

La hojalata cromada requiere de una protección adicional contra la corrosión y la abrasión del medio y del contacto con las máquinas durante los procesos de producción y transformación en latas, para esto se utilizó un recubrimiento de laca o polímero. A continuación, se presenta una tabla con los rangos estimados de espesor de recubrimiento de aceite aplicados a la hojalata cromada.(Thyssenkrupp, 2019)

Tabla 2.10 Recubrimiento de aceite (Thyssenkrupp, 2019)

Rango de masa de aceite a depositarse para distintos tipos de hojalata			
	Estañada [mg/m ²]	Cromada [mg/m ²]	Sin recubrimiento [mg/m ²]
DOS	4 +/- 2	4 +/- 2	-
ATBC	4 +/- 2	-	-
BSO	-	4 +/- 2	-
Anticorit	-	-	Min. 300 +/- 100

2.6 Alternativas de solución

2.6.1 Alternativas de la solución de los pretratamientos

Para la consideración de estas alternativas se utilizaron las normas ASTM B-183-79: “*Preparation of Low-Carbon Steel for Electroplating*” y ASM Volumen 5 “*Surface Engineering*”.

Alternativa 1: Proceso de limpieza mediante soluciones alcalinas.

En primer lugar, se realiza un desengrase mediante soluciones alcalinas; luego un proceso de decapado alcalino y finalmente un enjuague en agua a temperatura ambiente.

Alternativa 2: Proceso de electro-limpieza mediante soluciones ácidas

Para este proceso se empieza con una electro-limpieza en una solución ácida, luego se realiza un decapado ácido y se finaliza con un enjuague a temperatura ambiente.

Alternativa 3: Proceso de limpieza mediante soluciones ácidas y alcalinas.

Se empieza la limpieza sumergiendo la lámina en una solución alcalina de electro-limpieza que sirve como proceso de desengrasado seguido de un proceso de decapado ácido, y por último un enjuague a temperatura ambiente.

2.6.2 Alternativas de la solución para el baño electrolítico

En base a la tabla morfológica del baño electrolítico, se obtuvieron las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Sistema de transporte vertical continuo con rodillo sumergido y ánodos colocados verticalmente.

En este diseño la lámina es dirigida por tres rodillos; dos de ellos son los rodillos conductores que están conectados al generador, los cuales se encuentran fuera del tanque; un rodillo sumergido que se encarga de dar el cambio de dirección a la lámina de descendente a ascendente; y dos pares de porta-ánodos paralelos a la superficie de la lámina.

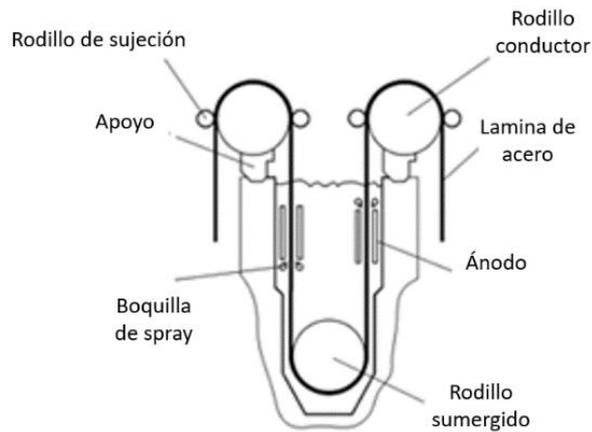


Figura 2.8 Proceso de electrodeposición vertical.
(American Society of Materials, 2000)

Alternativa 2: Configuración de recubrimiento de manera horizontal con dos rodillos sumergidos y ánodos ubicados horizontalmente.

En esta configuración se utiliza un arreglo de varias cubas pequeñas ubicadas sucesivamente de manera horizontal, en donde el sustrato pasa a través de cada una de estas por acción de los rodillos. Los ánodos se encuentran sumergidos justo antes de la superficie de la solución, y descansan mediante un apoyo central en soportes ubicados al final de cada tanque.

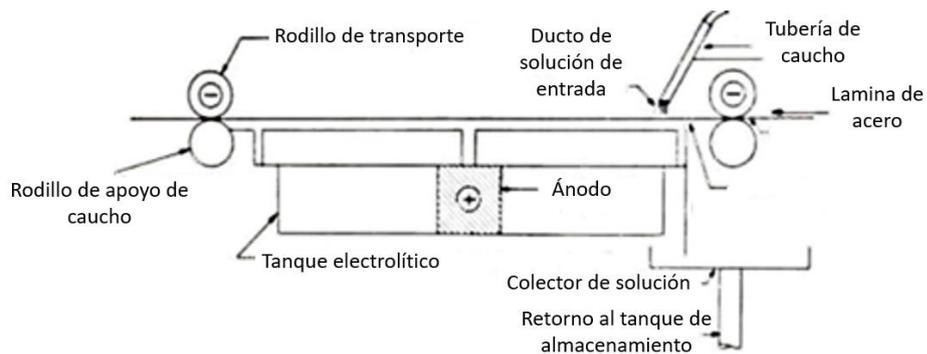


Figura 2.9 Proceso de electrodeposición horizontal.
(Graham & Pinkerton, 1955)

2.7 Criterios de diseño

A continuación, se muestran los criterios de diseño elegidos para la posterior selección del diseño conceptual.

1. Costo
2. Seguridad
3. Tiempo de operación
4. Tamaño
5. Funcionalidad
6. Automatización
7. Manejo de vapores y soluciones residuales
8. Disponibilidad en el mercado

Se realizó una comparación por pares para determinar el peso de cada criterio de diseño. Para establecer el peso total se utilizaron los siguientes valores de nivel de importancia.

- 0 para elementos con poca relación e importancia
- 1 para criterios levemente relacionados
- 2 para criterios totalmente relacionados (Dym & Little, 2002)

Tabla 2.11 Ponderación de los criterios.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Peso
1	-	2	2	2	2	2	2	2	14	0.18
2	2	-	0	0	2	2	2	0	8	0.11
3	0	0	-	2	0	2	0	0	4	0.05
4	2	0	2	-	2	2	0	1	9	0.12
5	2	2	2	2	-	2	0	2	12	0.16
6	2	2	2	0	1	-	0	2	9	0.12
7	2	2	2	0	2	2	-	0	10	0.13
8	2	2	0	2	2	2	0	-	10	0.13
TOTAL									76	1.00

2.8 Selección de la mejor alternativa

Matriz de decisión

Para la selección del diseño a utilizar fue necesario analizar las distintas alternativas bajo los criterios planteados en la sección 2.7. Para el análisis se utilizaron valores de 0 a 5, en donde 0 es muy bajo y 5 muy alto.

2.8.1 Pre-tratamientos

Tabla 2.12 Matriz de decisión para los pre-tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Calificación	Total	Calificación	Total	Calificación	Total
1	0.18	4	0.74	3	0.55	4	0.74
2	0.11	4	0.42	4	0.42	3	0.32
3	0.05	3	0.16	4	0.21	5	0.26
4	0.12	3	0.36	3	0.36	3	0.36
5	0.16	3	0.47	5	0.79	4	0.63
6	0.12	5	0.59	4	0.47	5	0.59
7	0.13	5	0.66	5	0.66	4	0.53
8	0.13	3	0.39	3	0.39	5	0.66
Total	1.00		3.79		3.86		4.08

2.8.2 Electrodeposición

Tabla 2.13 Matriz de decisión para el baño electrolítico.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Calificación	Total	Calificación	Total
1	0.18	5	0.92	3	0.55
2	0.11	4	0.42	5	0.53
3	0.05	4	0.21	4	0.21
4	0.12	5	0.59	3	0.36
5	0.16	5	0.79	5	0.79
6	0.12	5	0.59	5	0.59
7	0.13	4	0.53	2	0.26
8	0.13	5	0.66	3	0.39
Total	1.00		4.71		3.68

A partir de los resultados obtenidos en la comparación mediante la matriz de decisión de las Tablas 2.12 y 2.13, se obtuvo que; para los procesos de pre-tratamiento, la mejor alternativa fue una electro-limpieza alcalina para el desengrase y una limpieza ácida para el decapado; y para el baño electrolítico, fue el proceso mediante una configuración vertical con rodillos sumergidos y ánodos colocados verticalmente.

2.9 Diseño conceptual

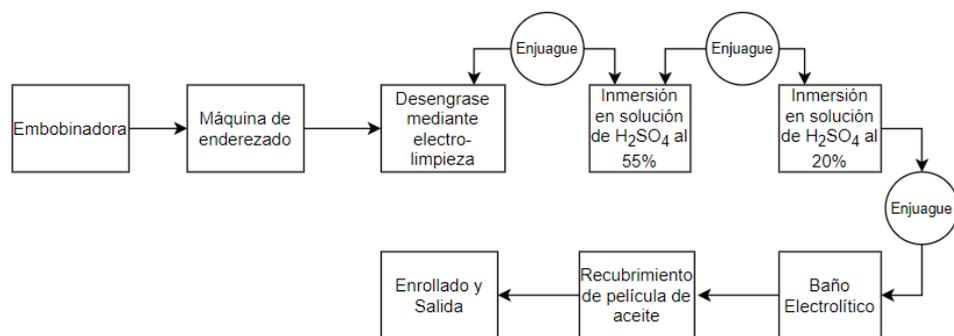


Figura 2.10 Diseño conceptual a partir de los resultados de la matriz de decisión

Fuente: Elaboración Propia

2.10 Diseño preliminar

Se realizó el diseño preliminar de la planta de electrodeposición y se detalló cada proceso por los que es transportada la lámina de acero desde la entrada hasta el final de la línea de producción.

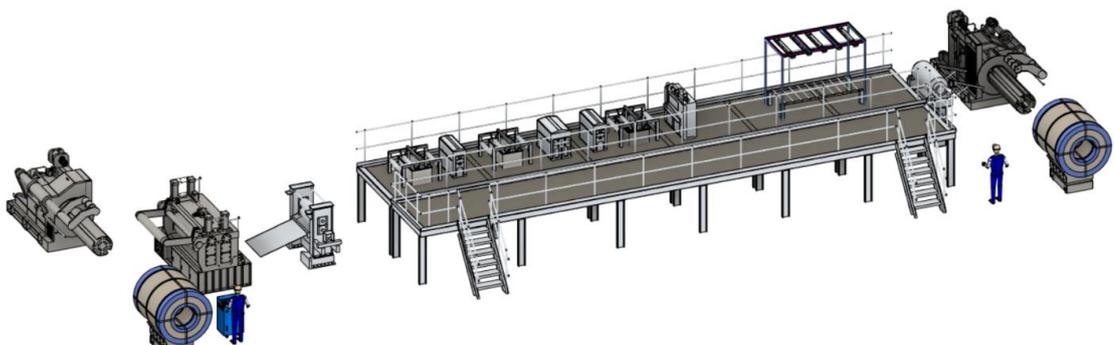


Figura 2.11 Bosquejo preliminar de la planta de cromado continuo.

Fuente: Elaboración Propia

2.11 Diseño detallado

2.11.1 Cálculo de la capacidad de producción de la planta

Para obtener la capacidad de producción se tuvo que realizar un estudio de mercado, donde se observó que, los clientes más habituales de las empresas manufactureras de envases alimenticios del Ecuador son compañías de conservas de alimentos del sector pesquero. Por lo que, un 38% del total de envases metálicos se destinan a la conserva de atunes en Ecuador, lo que equivale a 6.2 millones de envases al año. (Marco et al., 2004)

De esto, la lata de atún más comercializada es el envase de 80 gr que tiene una denominación estándar americana de 211x106, la cual tiene unas dimensiones de 65 mm y 35 mm de diámetro nominal y altura respectivamente. Para la obtención de la cantidad total de envases, se establecieron dimensiones de lámina de 716 x 716 mm, con una separación entre envases de entre 2 a 3 mm, la cual cumplía con las normas para la fabricación de envases metálicos para la industria alimenticia ISO-90 e ISO-1361.

Para el dimensionamiento de la bobina a utilizarse en la planta, se limitó la cantidad de producción a un 2.96% del total de envases que fabrican las empresas manufactureras del país, lo que representa a un total de 55.13 millones de envases anuales.

Por último, se obtuvo la masa de las bobinas empleadas mensualmente mediante la siguiente ecuación.

$$m = \rho \cdot V \quad (2.1)$$

Donde:

m: Masa de las bobinas.

V: Volumen total de las bobinas.

ρ : Densidad del acero.

2.11.2 Cálculo de la velocidad de recorrido de la línea de producción

Para este propósito, se utilizaron las especificaciones de diseño mostradas en la sección 2.5.

Procedimiento

Primero se obtuvo la masa total de cromo a depositarse durante el recorrido de la lámina de acero a través del par de ánodos de Plomo-Estaño, únicamente en la sección de bajada. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$m = [(M_c * 0.001) * (A_a * 1000000)] + [(M_{oc} * 0.001) * (A_a * 1000000)] \quad (2.2)$$

m: Masa total depositada [gr]

A_a: Área superficial de un ánodo de Plomo-Estaño [mm²]

m_c: Masa por área a depositar de cromo [mg/m²]

m_{oc}: Masa por área a depositarse de óxido de cromo [mg/m²]

Luego, se obtuvo el valor de la corriente a utilizarse en base al rango establecido en la Tabla 2.8:

$$I = (i * 100) * (A_a * 1000000) \quad (2.3)$$

i= Densidad de corriente [A/dm²]

I= Corriente utilizada en la electrodeposición [A]

Posteriormente, haciendo uso de la Ley de Faraday (American Society of Materials, 2000); se obtuvo el tiempo de electrodeposición para una masa a depositarse de 140 mg/m² de cromo metálico y de 14 mg/m² de óxido de cromo para un área de ánodo de 760x380mm.

$$t = \frac{m * n * F}{I * (M_c + M_{oc})} \quad (2.4)$$

m: Cantidad de masa a depositarse [gr]

n: Número de electrones involucrados en la reacción (3)

F: Constante de Faraday [C/s]

I: Corriente suministrada al proceso [A]

M_c : Masa molar de Cromo [gr/mol]

M_{oc} : Masa molar de óxido de cromo [gr/mol]

Por último, se calculó la velocidad de movimiento de la lámina de acero a través del tanque electrolítico mediante la siguiente ecuación.

$$v = La/t \quad (2.5)$$

L_a : Longitud del ánodo [mm]

v: Velocidad de movimiento [mm/s]

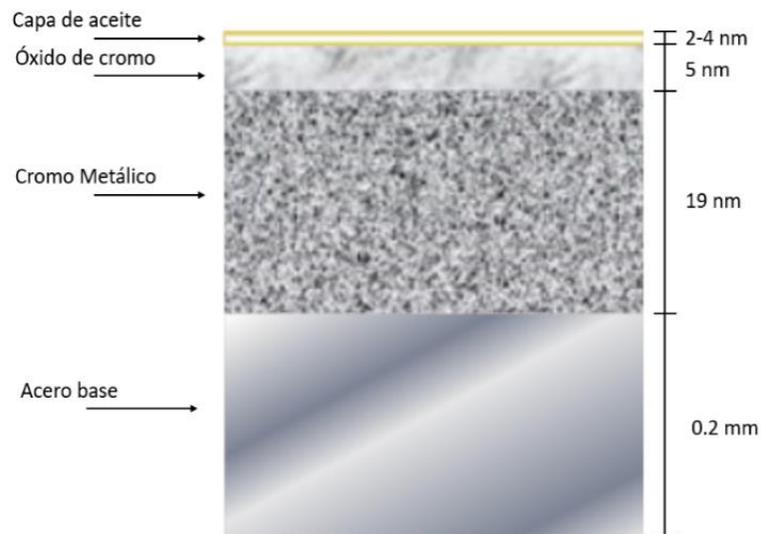


Figura 2.12 Estructura del recubrimiento final (CSN Brazil, 2020)

2.11.3 Cálculo del motor para los rodillos motrices

Para la selección del motor se realizó el cálculo de la potencia de este por dinámica rotacional. La potencia mecánica se la obtuvo de la siguiente ecuación

$$P_{mec} = I\alpha\omega \quad (2.6)$$

Donde:

I: Momento de inercia del arreglo de rodillos [kg.m²]

α : Aceleración angular de los rodillos

ω : Velocidad angular de los rodillos

Una vez obtenido la potencia mecánica, se procedió a calcular la potencia del motor tomando en cuenta las eficiencias.

$$P_{motor} = \frac{P_{mec}}{e_m \cdot e_r} \quad (2.7)$$

Donde:

e_m : Eficiencia del motor

e_r : Eficiencia del reductor

2.11.4 Cálculo de tensiones en los rodillos

Para la obtención de la tensión de cada rodillo se observó los esfuerzos presentes en la lámina. El esfuerzo permisible para el acero laminado en frío de bajo carbono de grado T5 de dureza es de 435 MPa. La fuerza máxima a la cual se puede tensionar la lámina viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{max} = \sigma_{perm} \cdot A \quad (2.8)$$

Donde:

σ_{perm} : Esfuerzo permisible [MPa]

A : Área transversal de la lámina

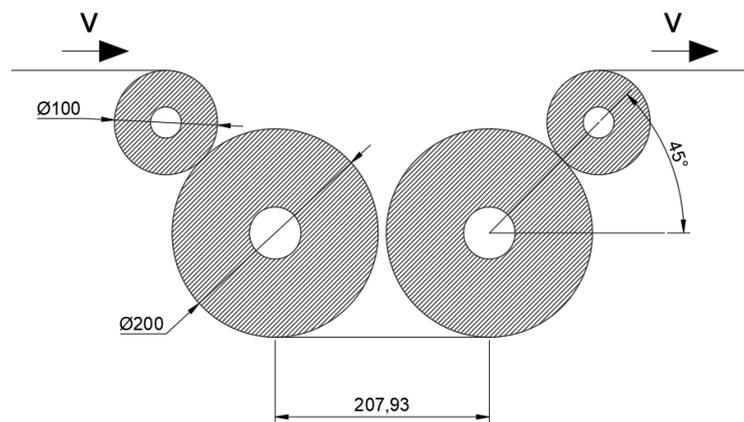


Figura 2.13 Distribución de los rodillos de tensión.

Fuente: Elaboración propia

2.11.5 Selección de los equipos

Máquina desembobinadora y enderezadora

Para la selección de este equipo se tuvo como parámetro de entrada el rango de peso de las bobinas que comúnmente se importan a Ecuador por medio de los proveedores internacionales. Este rango se encuentra entre las 2 a 8 toneladas por bobina, hasta cubrir el peso total del pedido solicitado por el consumidor. A partir de este parámetro, y el resultado de la velocidad de procesamiento de la línea de producción obtenidas mediante la ecuación 2.5; se obtuvieron las especificaciones de la desembobinadora de entrada y de salida. Luego de esto, se realizó una búsqueda de mercado para obtener los equipos que cumplieran las especificaciones requeridas.

Además, se establecieron dos condiciones de búsqueda diferentes en la que la máquina desembobinadora de entrada cuenta con una máquina de desenrollado, plancha y carro transportador de bobina; y la máquina que enrolla la bobina al final de la línea solo sería una máquina desembobinadora automática con carro transportador.

Rodillos

Los rodillos de transporte fueron elegidos acorde a su función en cada sección de la línea de producción. Se utilizaron rodillos metálicos NCCM RU de 100 mm de diámetro para el transporte exterior; rodillos con recubrimiento plástico para el transporte interior, en los tanques de limpieza y electrodeposición; y rodillos libres de 80 mm de diámetro.

En la sección de entrada y al final de la línea se utilizaron rodillos de diámetro de 200 mm, cuya función fue tensionar la lámina para su correcta limpieza en la sección de tratamiento y para una superficie de recubrimiento uniforme en el proceso de electrodeposición. En la sección de entrada y salida de los baños de inmersión, se emplearon rodillos libres los cuales no requieren de motor para su movimiento.

Tanque de desengrase

Se lo dimensionó según las especificaciones del proceso recomendadas por la norma ASTM mostradas en la Tabla 2.6, y también en base a la velocidad de la

línea de producción obtenida mediante el uso de la ecuación 2.5. Además, se tomó en consideración el tamaño de los elementos necesario para el correcto funcionamiento del proceso, los cuales eran: tamaño de los rodillos, la distancia de estos con respecto al fondo del tanque y la capacidad total de volumen que puede contener.

Tanque de enjuague y sistema de limpieza por aerosol

Se dimensionó el tanque de enjuague para todos los procesos de limpieza considerando que el tiempo mínimo de limpieza para este proceso es de 15 segundos, la velocidad de movimiento de la línea de producción y el diámetro de roció del sistema de limpieza por aerosol.

Para esto fue necesario primero alinear la altura la de la ranura de ingreso de la lámina al tanque con respecto a los procesos anteriores, así también, como los rodillos de transporte que se encuentran en la parte interior del tanque. Además de esto fue necesario seleccionar la cantidad y el tipo de boquillas que debe tener el sistema de limpieza por aerosol para cumplir con el tiempo previamente establecido. Se utilizó el catálogo del fabricante LECHLER, en donde se realizó la selección en base al ángulo de aspersion, la altura de la barra de aerosol y la presión recomendada por la norma ASM para limpieza por aerosol.



Figura 2.14 Barra de aerosol para limpieza superficial.

Fuente: Elaboración propia

Para la selección del aspersor se empleó la ecuación de Bernoulli, de la cual se obtiene la velocidad del fluido y posteriormente el caudal.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2.9)$$

Donde:

P: Presión manométrica $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

v: Velocidad $\left[\frac{m}{s} \right]$

Z: altura de referencia [m]

γ : Peso específico $\left[\frac{N}{m^3} \right]$

Para obtener el caudal se empleó la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot v \quad (2.10)$$

Donde:

Q: Caudal $\left[\frac{m^3}{s} \right]$

A: Área de la boquilla del aspersor $[m^2]$

Tanques de decapado

Se seleccionaron dos tanques de decapado diferentes. Para el primero se consideró una limpieza por inmersión de manera vertical, en donde los parámetros de selección fueron la velocidad de movimiento de la lámina, la distancia mínima a la que puede estar el rodillo sumergido con respecto al fondo del tanque, el volumen total del fluido en el interior y, por último, el tiempo de limpieza recomendado en la norma ASM.

Para el segundo tanque se consideró una limpieza en horizontal por medio de un sistema de rocío utilizando barras de aerosol, el cual fue dimensionado de igual forma que el tanque de enjuague, debido a que los parámetros establecidos en la norma ASM son similares para ambos casos, con la diferencia de que en este, las boquillas a utilizarse deben ser de material plástico, ya que se utilizan soluciones ácidas.

Tanque de electrodeposición

A diferencia que los equipos anteriores, para este tanque no se utilizaron los resultados obtenidos de los parámetros de la línea de producción obtenidos en la sección anterior, ya que este fue el punto de partida para el diseño de los demás

equipos. Por lo que, este tanque se lo dimensionó únicamente en base a los elementos y normas de posicionamiento de estos, en el interior del tanque mostrados en la norma ASM. Las consideraciones tomadas para el dimensionamiento se basaron en el tamaño de los porta-ánodos, rodillo sumergido y el ancho de la lámina de acero que debe circular por el interior del tanque.

Sistema de recubrimiento de aceite

El sistema de recubrimiento de aceite se lo realizó por medio de una máquina engrasadora electroestática. Este proceso se lo realiza de manera horizontal, en donde la lámina se mueve a través de la máquina y un conjunto de rociadores recubren de aceite a la lámina de manera uniforme hasta alcanzar el espesor deseado. El equipo seleccionado se lo obtuvo en base a los parámetros de recubrimiento que realiza un fabricante internacional mostrados en la tabla 2.10.

2.11.6 Plan de gestión de desechos en la empresa

Los desechos que la planta generó y a los que se le realizó la rotulación fueron:

- Baños de enjuagues y desengrase.
- Baños de enjuague y decapado.
- Aceites empleados para la película final de recubrimiento.
- Lodos de la planta de contienen materiales peligrosos como Cr, Ni, Zn.
- Vapores generados de los ácidos empleados.

Cada desecho tiene su nombre y codificación según el Listado Nacional de Sustancias Peligrosas, en el listado N°26 se detalla los distintos tipos de desechos peligrosos para la fabricación de productos metálicos con tratamientos y revestimientos de metales como cromado, zincado, niquelado, cobreado, estañado, plateado, dorado y anodizado. (Acuerdo Ministerial No.26, 2003)

En el APENDICE B se detallan todos los pasos a seguir para una correcta rotulación la cual se la obtuvo del Acuerdo Ministerial N°26.

**Tabla 2.14 Listado Nacionales de desechos peligrosos
(Acuerdo Ministerial N°142, 2012)**

Nombre según el Listado Nacional	CRIT B	Código	Código Basilea
Baños de enjuague de desengrase, decapado y otros procesos superficiales	T, C	C.25.01	Y17/A106 0
Lodos de la planta de tratamiento que contengan materiales peligrosos como Cr, Ni, Zn, metales pesados y cianuro	T	C.25.03	Y18
Aceites gastados y/o utilizados para post-tratamientos.	T	C.25.07	Y8
Tratamientos de gases que contienen sustancias peligrosas: Pb, Cd, Hg, As, Cr (III), Se, Be, Sb	T	C.23.01	A4140
Vapores de soluciones ácidas (pH<2) o básicas (pH>12,5)	C	C.23.03	Y34, Y35

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis Estructural

Se realizó un análisis estructural de la estructura que sostendrá los rodillos por donde se transportará la lámina de acero, con el fin de no sobredimensionar la estructura y que esta no llegue a fallar. El material empleado fue un perfil cuadrado de acero A-36 con dimensiones 60x2 mm, el cual es sometido a esfuerzos de flexión producido el peso de los rodillos y esfuerzos de torsión producido por el movimiento de la lámina. Empleando el software Autodesk Fusion 360 se realizó el análisis de la estructura completa con ayuda de una simulación de elementos finitos, para conocer los esfuerzos máximos de la estructura, deformaciones máximas de la estructura y los factores de seguridad.

3.1.1 Análisis de esfuerzos

Se empezó analizando los puntos críticos de los esfuerzos; y se tuvo como resultado de la simulación, que los esfuerzos máximos se encontraban en la sección de inmersión. Como se puede observar en la Figura 3.1, el punto más crítico se encuentra en el eslabón que sostiene los rodillos de transporte dando un esfuerzo de Von Misses de 18.76 MPa.

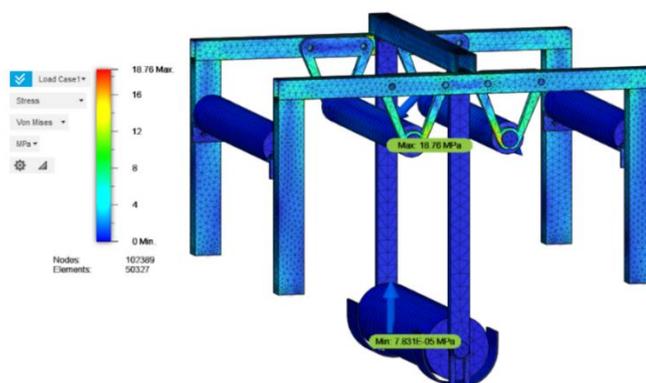


Figura 3.1 Resultados de esfuerzo en la estructura de los rodillos.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Análisis del factor de seguridad

Se procedió a analizar el factor de seguridad tomando en cuenta el tipo de acero que se seleccionó. El factor de seguridad en toda la estructura es superior a 1 por lo que se puede inferir que toda la estructura no fallará por cargas estáticas ni dinámicas.

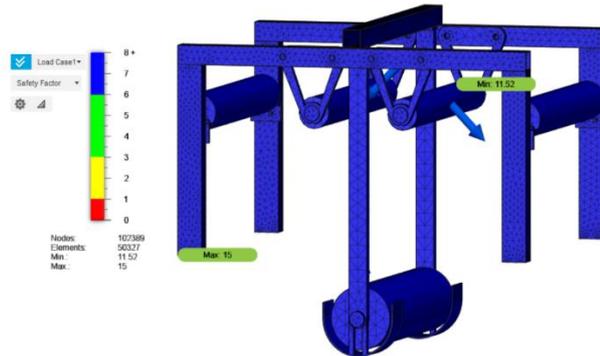


Figura 3.2 Resultados de factor de seguridad en la estructura de los rodillos.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Análisis de deformación

Las deformaciones encontradas en la estructura se concentraban sobre los rodillos de PVC, observando la figura 3.3 se visualiza los puntos más críticos los cuales se encuentran en las secciones de inmersión. Estas deformaciones no afectan plásticamente ni a los rodillos de transporte, ni al eje.

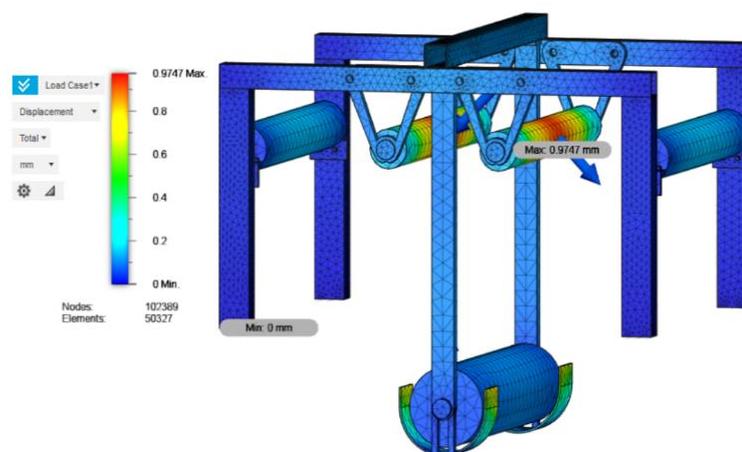


Figura 3.3 Resultados de desplazamiento en la estructura de los rodillos.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis de resultados

3.2.1 Sección de entrada

Para la sección de entrada se seleccionó una embobinadora, una máquina enderezadora con plancha y un carro de transporte de bobinas. Las especificaciones de estos equipos se muestran a continuación.

Tabla 3.1 Especificaciones de la desembobinadora de entrada.

Fuente: Elaboración Propia

Equipo	Máquina desembobinadora automática con enderezadora y plancha
Modelo	MT-800
Potencia del motor	3 hp
Peso de la máquina	2.1 ton
Velocidad de trabajo	0-15 m/min ajustable
Peso máximo de bobina	10 ton
Anchura máxima de bobina	800 mm



**Figura 3.4 Máquina desembobinadora con enderezadora.
(Lihao Machine Equipment, 2020)**

3.2.2 Sección de limpieza

Mediante los parámetros establecidos en las Tablas 2.6, 2.7 y 2.8, se procedió a realizar la siguiente lista de procedimientos a seguir para la limpieza completa de la hojalata previo al proceso de recubrimiento de cromo. Estos procedimientos comprenden la pre-limpieza de la lámina de acero al momento de ser desenrollada, el desengrase para la extracción de los aceites y por último el decapado para la extracción de óxidos y los contaminantes restantes en la superficie de la lámina.

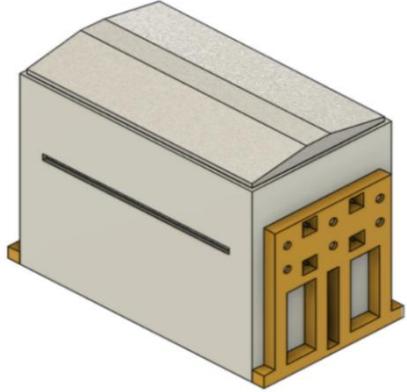
Enjuague

A partir del resultado de la velocidad de movimiento de la línea de fabricación, se dimensionaron los tanques de enjuague a ser utilizados previo y posterior a los dos procesos de decapados.

Tabla 3.2 Especificaciones del tanque de enjuague

Fuente: Elaboración propia

Altura [mm]	800
Ancho [mm]	1000
Largo [mm]	400
Espesor [mm]	15
Material	PVC
Número de rodillos	4
Número de barras de aerosol	2
Número de boquillas	12



Además del tanque, fue necesario colocar rodillos en su interior para el transporte de la lámina de acero. Se utilizaron seis rodillos de 100 milímetros de diámetro en donde los tres rodillos superiores proporcionaban una limpieza mecánica mediante cepillos, y los tres inferiores aportaban fricción para mover la lámina a los procesos posteriores. Estos rodillos fueron colocados de manera consecutiva separados una cierta distancia para ubicar las barras de aerosol.

Por medio del catálogo de LECHLER se seleccionaron boquillas de aerosol de cono completo para limpiar la superficie de la lámina de acero luego de cada proceso, en donde se utilizará solventes químicos. Estas boquillas fueron ubicadas de manera horizontal a lo largo de la barra de aerosol, sumando un total de tres para cubrir el ancho de la superficie de la lámina. Mediante los respectivos cálculos se seleccionó la siguiente boquilla para cumplir los parámetros de operación establecidos anteriormente.

Tabla 3.3 Especificaciones de la boquilla para el enjuague. (LECHLER, 2017)

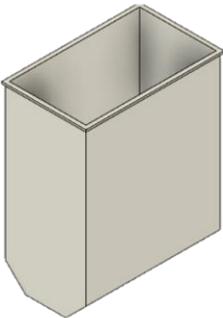
Modelo	490.403.1Y.CA	
Altura de la boquilla [mm]	18	
Distancia a la superficie de la lámina [mm]	70	
Diámetro de agujero equivalente [mm]	1.25	
Material	316L SS	
Ángulo de rocío [°]	45	
Presión de trabajo [bar]	2	
Caudal [L/min]	1	

Desengrase

Se estableció un baño eléctrico alcalino por inmersión en continuo, en el que se usó como solución la soda cáustica (NaOH) mezclada con agua destilada a una proporción de 60 g/L, a una concentración de 30% y durante un tiempo de limpieza de 4 minutos. Además de esto se agregan solventes inhibidores a una proporción de 1% del volumen total.

Tabla 3.4 Especificaciones del tanque de desengrase.

Fuente: Elaboración propia

Altura [mm]	1300	
Ancho [mm]	1000	
Largo [mm]	600	
Espesor [mm]	15	
Material	PVC	

Decapado (Limpieza ácida)

Luego de los procesos de pre-limpieza y previo al de electrodeposición, se procedió a realizar el siguiente ciclo de operación basado en una limpieza ácida para la remoción de los contaminantes y preparar el sustrato para el baño electrolítico. Para los diferentes tipos de limpieza por aerosol se utilizó la boquilla seleccionada en la Tabla 3.3 variando su cantidad con respecto al tiempo necesario para cada proceso.

1. Enjuague por aerosol en agua a 82°C
2. Inmersión de la lámina durante 2 minutos en una solución de 55 a 60% de concentración de ácido sulfúrico, suministrándole una densidad de corriente de 10 A/dm², y solventes inhibidores a una proporción de 1% del volumen total.
3. Enjuague por aerosol en agua a temperatura ambiente durante 30 segundos.
4. Limpieza por aerosol de una solución al 20% de concentración de ácido sulfúrico durante 15 segundos a temperatura ambiente, y solventes inhibidores a una proporción de 1% del volumen total.
5. Por último, se lo enjuaga por aerosol en agua a temperatura ambiente durante 15 segundos.

Tabla 3.5 Especificaciones del tanque de decapado.

Fuente: Elaboración propia

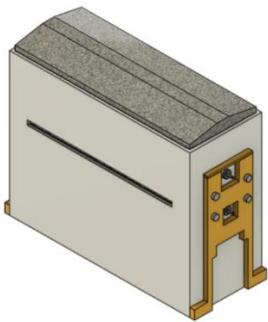
Altura [mm]	800	
Ancho [mm]	1000	
Largo [mm]	400	
Espesor [mm]	15	
Material	PVC	
Número de rodillos	4	
Número de barras de aerosol	2	
Número de boquillas	6	

Tabla 3.6 Especificaciones de la boquilla para el decapado.

(LECHLER, 2017)

Modelo	460.406.5E.CA	
Altura de la boquilla [mm]	22	
Distancia a la superficie de la lámina [mm]	70	
Diámetro de agujero equivalente [mm]	1.20	
Material	PDVF	
Ángulo de rocío [°]	90	
Presión de trabajo [bar]	2	
Caudal [L/min]	1	

3.2.3 Proceso de electrodeposición

Haciendo uso de las ecuaciones presentadas en el capítulo anterior, se obtuvieron los parámetros de funcionamiento del proceso de electrodeposición y las dimensiones del tanque a utilizarse.

Tabla 3.7 Especificaciones del tanque de electrodeposición.

Fuente: Elaboración propia

Altura [mm]	800	
Ancho [mm]	1000	
Largo [mm]	600	
Espesor [mm]	15	
Material	PVC	
Porta-ánodos	2	

Tabla 3.8 Parámetros del proceso de electrodeposición.

Fuente: Elaboración propia

Corriente del sistema [A]	1,9
Área del ánodo [m ²]	0,272
Concentración de ácido sulfúrico [g/L]	2.5
Concentración de óxido de cromo [g/L]	250
Temperatura [°C]	45
Masa de cromo a depositarse [mg/m ²]	140
Tiempo de electrodeposición para la superficie del ánodo [s]	222,7
Tiempo de electrodeposición para 75 toneladas de hojalata [días]	20
Velocidad de recubrimiento [m/min]	0,20
Espesor de recubrimiento [μm]	0,019

3.2.4 Sección de salida

La sección de salida comprende a los post-procesos realizados luego del recubrimiento principal. Las máquinas seleccionadas para estos procesos y sus respectivas especificaciones se muestran a continuación.

Tabla 3.9 Estructura para los rodillos de tensión.

Fuente: Elaboración propia

Altura [mm]	500	
Ancho [mm]	1070	
Largo [mm]	631	
Diámetro de rodillos [mm]	100/200	
Material de la estructura	ASTM A-36	
Material de los rodillos	PVC	

Tabla 3.10 Máquina de engrasado electrostático. (GFG PEABODY, 2020)

Altura [mm]	2374	
Ancho [mm]	2000- 6668	
Largo [mm]	800	
Espesor de recubrimiento [mg/m ²]	1,25- 5000	
Ancho de rocío	Ajustable	

Luego del engrasado, la lámina pasa por una mesa de rodillos libres con la finalidad de realizar una inspección visual de la superficie, y así verificar el buen estado del recubrimiento luego de los procesos realizados. Para este propósito se implementó el siguiente equipo.

Tabla 3.11 Especificaciones de la mesa de inspección.

(MANESCO, 1996)

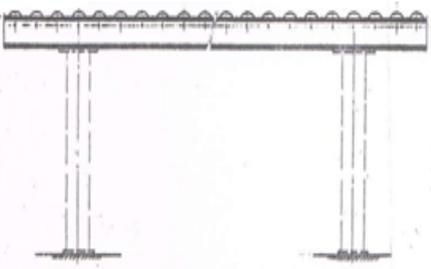
Diámetro del rodillo [mm]	40	
Paso [mm]	100	
Diámetro de eje [mm]	10	
Longitud útil [mm]	2000	
Material	Acero A36	
Estructura	Perfiles de acero	

Tabla 3.12 Especificaciones de la desembobinadora de salida.

Fuente: Elaboración Propia

Equipo	Máquina desembobinadora automática con coche
Potencia del motor	5.36 hp
Peso	5 ton
Velocidad de trabajo	0-15 m/min ajustable
Peso máximo de bobina	Máximo 10 toneladas
Anchura máxima de bobina	Máximo 1250 mm



**Figura 3.5 Máquina desembobinadora automática.
(Jiangyin Bangnuo Machinery, 2020)**

3.2.5 Elementos motrices

Se seleccionaron dos tipos de rodillos del catálogo de NCCM, los mismos que presentan propiedades de resistencia a los químicos utilizados en los diferentes procesos y que ayudan al transporte de la lámina de acero manteniendo la tensión de esta.

Tabla 3.13 Especificaciones del rodillo sumergido de alta fricción. (NCCM, 2020)

Diámetro externo del rodillo [mm]	200	
Espesor de pared [mm]	12,7	
Longitud del rodillo [mm]	890	
Tolerancia del diámetro [mm]	± 0,05	
Rango de operación de pH	2-10	
Máxima Temperatura de trabajo [°C]	75	
Máxima Presión de trabajo [N/mm]	13,7	

Tabla 3.14 Especificaciones de los rodillos transportadores. (NCCM, 2020)

Diámetro externo del rodillo [mm]	100	
Longitud del rodillo [mm]	890	
Tolerancia del diámetro [mm]	± 0,05	
Rango de operación de pH	0-14	
Máxima Temperatura de trabajo [°C]	93	

Dentro de la línea de producción se emplearon moto-reductores para mantener la lámina tensionada, y para que la embobinadora no sufra sobrecargo de torque. Se colocaron 2 moto-reductores por cada nivelador de tensión, los cuales fueron seleccionados tomando en cuenta que la capacidad de producción de la planta iba a incrementar; por lo que, el resultado obtenido es producto de una proyección del incremento de la capacidad de producción de la planta.

Además de estos rodillos motrices, fue necesario mantener a la lámina alineada para el ingreso a los diferentes equipos durante todo el recorrido hasta la sección de salida. Para lograr esto, se utilizaron los siguientes rodillos libres de la marca MANESCO.

Tabla 3.15 Especificaciones del rodillo libre (MANESCO, 1996)

Diámetro externo del rodillo [mm]	80
Longitud del rodillo [mm]	890
Tolerancia del diámetro [mm]	± 0,05
Espesor [mm]	2
Peso total [kg]	8

Tabla 3.16 Especificaciones del motor utilizado en los rodillos motrices.**Fuente: Elaboración Propia**

Motor	Trifásico, Jaula de ardilla
Modelo	SD10
RPM	900
Potencia	0.25 HP
Frame	143T
Tensión	220- 440 V
Frecuencia	60 Hz

Para la producción inicial se tiene una velocidad de recorrido de la lámina muy baja, por lo que el moto-reductor no satisface completamente dichas especificaciones de la línea de producción. Es por esto por lo que se optó por el uso de un regulador de frecuencia, cuya función es la de regular la velocidad del motor según lo requiera la línea. Según los datos que se tienen de potencia del motor y torque neto, se seleccionó el siguiente regulador de frecuencia.

Tabla 3.17 Especificaciones del regulador de frecuencia.

(America, 2019)

Modelo	CIMR-JU
Serie	2A0001BAA
Corriente	1.2 Amp
Potencia	1/8 – 1/4 hp

3.3 Análisis de costos

Se obtuvo el costo total de implementación de la línea de fabricación, y una estimación de los complementos requeridos en la planta para su correcto funcionamiento. Para esto se toma en cuenta el costo de la materia prima requerida, los equipos a utilizarse, los implementos de cada proceso; y el costo de la estructura y el espacio físico requerido de toda la planta.

Costos fijos

Tabla 3.18 Costos fijos mensuales.

Fuente: Elaboración propia

Artículo	CANTIDAD	COSTO
Costos de Personal	10	\$ 7.700,00
Servicios Básicos	3	\$ 1.150,00
Gastos Administrativos	-	\$ 340,00
Mantenimiento de las instalaciones y los equipos	-	\$ 3.000,00
TOTAL		\$ 12.190,00

Costos Variables

Tabla 3.19 Costos variables mensuales.

Fuente: Elaboración propia

Artículo	CANTIDAD	COSTO
Soluciones alcalinas y ácidas	475.8 gr H ₂ SO ₄ , 47.11 kg CrO ₃	\$ 500,00
Agua empleada en el enjuague	4186.61 Litros	\$ 2.664,23
Aditivos	124,78 gr NaOH	\$ 250,00
Acero Base (Hojalata sin recubrimiento)	75 toneladas	\$ 56.625,00
Gastos de empaque y envío	37	\$ 900,00
TOTAL		\$60.939,23

Costos Implementación**Tabla 3.20 Costos de equipos necesarios para la implementación de la planta.**

Fuente: Elaboración propia

Artículo	CANTIDAD	COSTO
Galpón	1	\$ 200.000,00
Puente Grúa	1	\$ 15.000,00
Terreno	1	\$ 120.000,00
Instalación eléctrica	1	\$ 50.000,00
Ductos de extracción de vapores	1	\$ 10.000,00
Desembobinadora de entrada	1	\$ 11.200,00
Desembobinadora de salida	1	\$ 6.720,00
Máquina transportadora por rodillos	1	\$ 2.240,00
Rodillos de transporte	4	\$ 1.321,60
Rodillos sumergidos	4	\$ 1.187,20
Rodillos de tensión	34	\$ 672,00
Estructura de los tanques	4	\$ 800,00
Cubas	7	\$ 13.440,00
Calentadores	6	\$ 600,00
Agitadores	10	\$ 1.000,00
Rociadores	26	\$ 300,00
Ánodos	4	\$ 3.498,54
Máquina de engrase electrostático	1	\$ 16.800,00
Destilador de agua	1	\$ 2.000,00
TOTAL		\$ 459.776,94

Se obtuvo el consumo energético de la línea de producción con los principales elementos de cada proceso, desde la entrada hasta la salida de la planta. El cálculo se lo realizó en un periodo mensual, tomando en cuenta que se trabajará 8 horas durante 20 días al mes; y que el costo del kilovatio hora es de \$0.0936 para las empresas de comercio e industrias.

Tabla 3.21 Consumo energético mensual dentro de la línea de producción.

Fuente: Elaboración propia

Sección	Procesos	Descripción	Energía [kW.h]	Consumo energético [\$]
Entrada	Desembobinadora	Desenrollar una bobina de 8 Ton en 8 horas de trabajo	2,241	\$0,21
Electro-limpieza	Calentador	Calentar el fluido de 25 a 60°C	24,667	\$ 2,28
	Corriente	Trabajar con 10 A/dm2 según la ASM	522,222	\$ 48,36
Decapado	Enjuague caliente	Calentar el fluido de 25 a 82°C	0,040	\$ 0,00
Recubrimiento	Calentador	Calentar el fluido de 25 a 45°C	0,014	\$ 0,00
	Corriente	Trabajar con una densidad de corriente de 0.17 A/dm2	1,825	\$ 0,17
Salida	Embobinadora	Enrollar una bobina de 8 Ton en 8 horas	2,241	\$ 0,21
TOTAL				\$ 51,23

Tabla 3.22 Costo total de agua consumida mensualmente.

Fuente: Elaboración propia

Sección	Procesos	Volumen total [L/día]	Proporción de agua destilada [%]	Proporción de soluciones [%]	Costo total mensual de agua [\$]
Electro-limpieza	Desengrase	121,4	97%	3%	\$ 1,13
Decapado	1er enjuague	921,6	100%	0%	\$ 8,85
	1er decapado	121,4	80%	20%	\$ 0,93
	2do enjuague	1843,2	100%	0%	\$ 17,69
	2do decapado	921,6	90%	10%	\$ 7,96
Recubrimiento	electrodeposición	83,4	90,5%	8,5%	\$ 0,72
TOTAL					\$ 36,57

Con estos resultados se procedió a realizar una proyección del plan de negocio a un periodo de 15 años para determinar la factibilidad de implementación en la industria ecuatoriana.

Tabla 3.23 Datos del préstamo para la inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia

PRESTAMO A REALIZAR	\$ 700.000,00
Tasa de Interés	5%
Número de pagos (un pago por cada año)	15
Valor de la cuota anual por pagar	(\$ 65.876,77)

Con los datos del préstamo presentado en la Tabla 3.21, se procedió a analizar la factibilidad mediante un flujo con caja con una producción de hojalata cromada en el primero año de operación de 75 toneladas mensuales, valor que representa aproximadamente el 1.12% de la producción nacional de envases metálicos alimenticios; y para los siguientes años de operación, se estimó un incremento de producción del 20% por año, ya sea por la expansión de la planta de producción, por el requerimiento solicitado por los consumidores o por la variación de parámetros de la línea de fabricación.

Tabla 3.24 Parámetros de producción iniciales.

Fuente: Elaboración propia

Participación en el mercado nacional en el primer año (envases de atún) [%]	2,96%
Unidades producidas en el primer año [toneladas]	75
Aumento anual de producción [%]	20

Tabla 3.25 Flujo de caja.

Fuente: Elaboración propia

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Saldo Anterior	-	\$240.223,06	\$170.791,59	\$ 122.758,53	\$100.925,83	\$ 43.626,70	\$25.238,77	\$54.098,54	\$140.220,88	
Inversión Inicial	\$(459.776,94)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cantidad de unidades vendidas [Toneladas]	75	90	108	130	156	187	224	269	322	
Ingresos	-	\$801.000,00	\$961.200,00	\$1.153.440,00	\$1.384.128,00	\$1.660.953,60	\$1.993.144,32	\$2.391.773,18	\$2.870.127,82	
Egresos	Fijos	-	\$145.080,00	\$147.981,60	\$150.941,23	\$153.960,06	\$157.039,26	\$160.180,04	\$163.383,64	\$166.651,32
	Variables	-	\$725.351,47	\$861.251,47	\$1.024.331,47	\$1.220.027,47	\$1.454.862,67	\$1.736.664,91	\$2.074.827,60	\$2.480.622,82
	Inversión	-	-	-	\$67.439,69	\$67.439,69	\$67.439,69	\$67.439,69	\$67.439,69	\$67.439,69
Flujo Neto	\$(459.776,94)	\$(69.431,47)	\$(48.033,07)	\$ (21.832,70)	\$ (57.299,13)	\$(18.387,93)	\$28.859,77	\$86.122,34	\$155.414,08	
Flujo acumulado	\$240.223,06	\$170.791,59	\$122.758,53	\$100.925,83	\$43.626,70	\$25.238,77	\$54.098,54	\$140.220,88	\$295.634,97	

3.4 Análisis de factibilidad

A partir del flujo de caja se obtuvieron los indicadores de rentabilidad para un periodo de 15 años, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 3.26 Indicadores financieros.

Fuente: Elaboración propia

VAN (14%)	\$ 320.876,95
TIR	19%

En base a estos resultados se comprueba que; con los valores económicos considerados para el cálculo del flujo de caja, los cuales involucran los costos mostrados en las Tablas 3.18, 3.19, 3.20, 3.21 y 3.22; este proyecto presenta una rentabilidad financiera para su implementación, con un periodo de recuperación de capital de 5 años desde el inicio de sus operaciones.

3.5 Impacto Social

Tener una planta de cromado continuo en Ecuador pondría a este proyecto en la mira de grandes inversionistas nacionales, lo que conlleva a un crecimiento de la industria ecuatoriana; generando nuevas plazas de empleo y un gran potencial de impacto a nivel internacional, ya que, en Latinoamérica son pocas las plantas que realizan este cromado continuo.

Los efectos que causarían la implementación de esta planta repercuten en distintos tipos de ingeniería, tales como: ingeniería mecánica, ingeniería industrial, ingeniería civil, ingeniería en mecatrónica, ingeniería eléctrica y demás áreas profesionales.

3.6 Impacto Ambiental

La planta emplea distintos tipos de sustancias químicas peligrosas. Como se pudo observar en la caja negra y transparente de la sección 2.4 los procesos tanto de limpieza como de recubrimiento tienen salidas de efluentes, estos efluentes son vapores y líquidos de sustancias químicas. Los químicos que se usaron fueron:

ácido sulfúrico, ácido crómico, inhibidores, líquido electro-químico y vapores generados por el calor y la interacción química de estas sustancias.

Dentro de los planes previstos se realizó un plan de gestión para vapores nocivos con el fin de no generar un alto nivel de contaminación al ambiente. Para los vapores generados tanto en los procesos de limpieza como en la sección de recubrimiento se planteó colocar un extractor de vapores químicos, las partículas de vapor nocivas se adherirán a los filtros recolectores y obtendremos vapores con un nivel de contaminación aceptable para el TULSMA.

De la misma manera para los líquidos y lodos generados se realizó un correcto almacenamiento temporal rotulando cada contenedor con las etiquetas respectivas y colocando dichos contenedores en un espacio seco, libre de calor y con una correcta ventilación según el acuerdo ministerial N°26.

Con respecto a la disposición final de las maquinas, una vez han culminado su tiempo de vida útil; se planteó desarrollar un plan de desmontaje de todos los componentes de la máquina obsoleta, con la finalidad de utilizar estas piezas como repuestos, para las maquinas del mismo tipo que se encuentren presente en la planta, o las que se adquieran en caso de una expansión y remodelación; y, los elementos mecánicos y/o eléctricos que no se puedan reutilizar, se los dará a disposición de empresas externas que puedan aprovechar estos recursos, realizándoles el tratamiento adecuado para que puedan ser reutilizados en diferentes aplicaciones. Mediante esta gestión se reducirá la contaminación al medio ambiente y los costos de mantenimiento futuros de la empresa.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Dentro del estudio de mercado realizado a nivel nacional, las empresas manufactureras de envases metálicos para el sector alimenticio guardan una gran relación de dependencia con los proveedores internacionales.
- La velocidad de producción es un parámetro que depende principalmente de la corriente aplicada al proceso de recubrimiento y la cantidad de materia prima que se produce mensualmente. Los demás parámetros de producción afectan únicamente a la calidad del producto final y se los obtuvieron a partir de cálculos y recomendaciones de normativas, tales como: ASM, ASTM y EN.
- El diseño conceptual nos ayuda a visualizar la planta y sus principales procesos para su optimización o mejora.
- Los parámetros obtenidos por las normas son para grandes producciones, por lo que se adaptó estos parámetros para nuestra producción inicial.
- La responsabilidad del tratamiento de los desechos peligrosos se la releva a empresas externas que realicen estas actividades, ya que, dichas empresas cuentan con los permisos ambientales necesarios para su manipulación y tratamiento.
- La factibilidad del proyecto depende de la cantidad de producción, el precio de venta y el aumento progresivo del precio de venta del producto final; teniendo una inversión inicial de \$ 459.776,94 y obteniendo un VAN y TIR de \$ 320.876,95 y 19% respectivamente; con un tiempo de recuperación de la inversión de 5 años.

Recomendaciones

- Realizar una experimentación de la línea de producción con una lámina simulando una planta real para observar parámetros empíricos del proceso y de esta manera comprobar la calidad del producto final.

- Dar seguimiento al mercado internacional de la materia prima ya que este mercado es muy variable y se puede encontrar dicho material a menor precio en ciertas épocas del año.
- Implementar un sistema de recirculación de fluidos mediante la aplicación de varios filtros, con la finalidad de reutilizar las soluciones involucradas en los procesos de limpieza y de recubrimiento.
- Automatizar el movimiento de los rodillos libres y de transporte para reducir la probabilidad de algún tipo de accidente al momento que el operador ayuda a redirigir el movimiento de la lámina en cada proceso.
- Añadir una maquina soldadora laser al inicio de la línea de fabricación seguido de una torre de almacenaje tanto al inicio como al final, en caso de incrementar las dimensiones de la bobina resultante.
- Colocar un sistema de verificación de las propiedades físicas y superficiales de la materia prima en la sección de entrada, así también como sensores que comprueben la tensión y la planitud de la lámina de acero durante todo el recorrido.
- Realizar una verificación final de la bobina siguiendo las normas EN 10202 para comprobar los parámetros de calidad del recubrimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial N°142. (2012). Listados Nacionales De Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos Y Especiales. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador*, 585, 2–21.
- Acuerdo Ministerial N°26. (2003). PROCEDIMIENTO DE REGISTRO DE GENERADORES DE DESECHOS PELIGROSOS. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador*, 1, 6–8. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- AHMSA. (2015). *Catalogo: Productos Planos Laminados en Frío*. 20.
- America, Y. (2019). Variable Speed Microdrive Catalog A World of Power in the Palm of your Hand! Great Things Come in Small Packages. YASKAWA, 56.
- American Society of Materials. (2000). ASM Handbook: Surface Engineering (Vol 5). *Tribology International*, 33(1), 67. [https://doi.org/10.1016/s0301-679x\(00\)00006-2](https://doi.org/10.1016/s0301-679x(00)00006-2)
- ASTM. (2003). *Standard Specification for Tin Mill Products , General Requirements [Metric] 1. November*, 1–29. <https://doi.org/10.1520/A0599>
- ASTM B 183. (2014). *Standard Practice for Preparation of Low-Carbon Steel for Electroplating*. 60(May), 8–11. <https://doi.org/10.1520/B0558-79R138.etching>
- C. L. MANTELL. (2010). *Ingeniería electroquímica* (2nd ed.). Editorial Reverté.
- CASP, A., & ABRIL, J. (2003). *Procesos De Conservacion De Alimentos*.
- CSN Brazil. (2020). *METAL SHEETS*. Electrochemically Chromium Coated Steel (Tin Free Steel). http://www.csn.com.br/conteudo_eni.asp?idioma=1&conta=46&tipo=59690
- DELGADO, J. M., & OCHOA, A. A. (2019). Plan de gestión y minimización de residuos peligrosos para los talleres Tomebamba de la empresa Toyocuencia S.A. *MECÁNICA AUTOMOTRIZ*, 118.

Dym, C. L., & Little, P. (2002). Engineering design: a project-based introduction. In *Materials & Design* (Vol. 23, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/s0261-3069\(01\)00050-4](https://doi.org/10.1016/s0261-3069(01)00050-4)

ENLIT. (2016). *Séptima, Correspondiente a la Octava Y Novena Emisión de Obligaciones de la compañía, Ensaves del Litoral*. 1–51.

European Committee for Standardization. (2001). *European Standard - Cold reduced tinmill products - Electrolytic tinplate and electrolytic chromium/chromium oxide coated steel*. 48. <https://doi.org/EN 10202:2001 E>

Fadesa, F. D. E. E. S. A. (2017). *Primera Emisión de Obligaciones (Estados Financieros enero 2017)*. 5. www.icredelecuador.com

GFG PEABODY. (2020). *GFG Peabody Dry Film Oiler*. Peabody Electrostatic Oiler. <https://www.gfg-peabody.com/peabody-electrostatic-oilers/dry-film-oiler/>

Graham, A. K., & Pinkerton, H. L. (1955). *Electroplating Engineering Handbook* (Springers (ed.)). <https://archive.org/details/electroplatingen00grah/page/n13/mode/2up>

Jiangyin Bangnuo Machinery. (2020). *Automatic 10 Ton hydraulic decoiler/uncoiler with car*.

Kopp, A., & Colin Fink. (1993). *Ancient Egyptian Antimony Plating on Cooper Objects: A rediscovered Ancient Egyptian Craft* (pp. 163–167). Metropolitan Museum of Art. <https://doi.org/10.2307/1522797>

LECHLER. (2017). *Precision Spray Nozzles for Pickling Lines*. 46.

Lihao Machine Equipment. (2020). *Sheet metal coil decoiler line with uncoiling machine and straightener machine*. https://www.alibaba.com/product-detail/Sheet-metal-coil-decoiler-line-with_62121451930.html

MANESCO. (1996). *Catalogo MANESCO- Rodillos y Soportes* (p. 46). <http://www.rodillosmanesco.com/wp-content/uploads/2015/07/MANESCO-CATALOGO.pdf>

Marco, A., Palacios, G., & Saad, J. (2004). ESTUDIO ESTADISTICO DE IMAGEN DE MARCA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL PARA UNA COMPAÑIA DE ENVASES ENLATADOS. *INGENIERÍA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA Espol FCNM*, 313. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/39494>

Mordechay Schlesinger, & Paunovic, M. (2010). Modern Electroplating. In *Modern Electroplating*. <https://doi.org/10.1002/9780470602638>

Nava, U. (2013). “ *ELECTRODEPOSICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE Ni-P* .” 19. https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/291/1/Electrodeposicion_y_caracterizacion_derecubrimientos_de_Ni-P.pdf

NCCM. (2020). *NCCM RU*.

Pary, P. (2018). *Deposito electroquimico de materiales: Influencia de los aditivos ya complejantes en el crecimiento de los cristales y en la calidad de los depositos* [Universidad de La plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/70959>

Poyner, J. (1991). *Workshop Practice Series 11 - Electroplating* (A. Books (ed.)).

Robertson, G. L. (2013). Food packaging, principle and practices. In *CRC Press* (Issue 3). <https://doi.org/10.1177/0340035206070163>

Scot Foster. (2020). Electrostatic Spraying with two blades on the top (Temper Mill Oiler). *GFG PEABODY*. https://www.gfg-peabody.com/wp-content/uploads/2015/06/Electrostatics_TemperMill.pdf

Shirizly, A., & Lenard, J. G. (2000). Effect of lubrication on mill loads during hot rolling of low carbon steel strips. *Journal of Materials Processing Technology*, 97(1–3), 61–68. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(99\)00339-8](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(99)00339-8)

Thyssenkrupp. (2019). *Product Range Packaging Steel*. https://www.thyssenkrupp-steel.com/media/content_1/branchen/product_range_packaging_steel_thyssenkrupp.pdf

ThyssenKrupp Rasselstein. (2019). *Wege der Produktion-Process Routes*. 1–31.

Varzakas, T., & Tzia, C. (2015). Handbook of food processing: Food safety, quality, and manufacturing processes. In *Handbook of Food Processing: Food Safety, Quality, and Manufacturing Processes*. <https://doi.org/10.1201/b19398>

Wang, C. C. (2020). *Tianjin Bao Steel Co ., Ltd .*

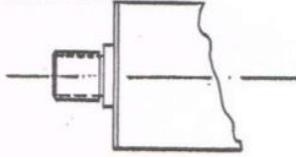
APÉNDICES

APÉNDICE A

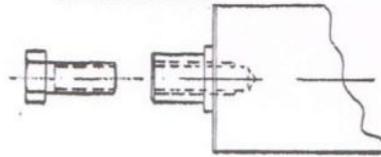
Spray angle 	Ordering no.								B Ø [mm]	E Ø [mm]	V̇ [l/min]								Spray diameter D at p=2 bar 	
	Type	Mat. no.		Code							p [bar]								H = 200 mm	H = 500 mm
		1Y 316L SS	30 Brass	1/8 BSPT	1/4 BSPT	3/8 BSPT	1/2 BSPT	3/4 BSPP			1 BSPP	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0		
45°	490.403	○	○	CA	-	-	-	-	1.25	1.25	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	160	400	
	490.523	○	○	CA	-	-	-	-	1.70	1.70	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	160	400	
	490.603	○	○	-	CC	CE*	-	-	2.00	2.00	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	160	400	
	490.643	○	○	-	CC	CE*	-	-	2.45	2.45	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	160	400	
	490.683	-	○	-	-	CE	-	-	2.55	2.55	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	160	400	
	490.703	-	○	-	-	CE	-	-	2.65	2.65	3.22	4.24	5.60	6.59	8.08	9.24	10.66	160	400	
	490.723	○	○	-	-	CE	-	-	2.85	2.85	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	160	400	
	490.783	-	○	-	-	-	CG	-	3.45	3.45	5.17	6.82	9.00	10.58	12.98	14.85	17.12	160	400	
490.843	-	○	-	-	-	CG	-	3.80	3.80	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	160	400		
60°	490.404	○	○	CA	-	-	-	-	1.15	1.15	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	220	560	
	490.444	○	-	CA	-	-	-	-	1.25	1.25	0.72	0.95	1.25	1.47	1.80	2.06	2.38	220	560	
	490.484	○	○	CA	-	-	-	-	1.45	1.45	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	220	560	
	490.524	○	○	CA	-	-	-	-	1.60	1.60	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	220	560	
	490.564	○	○	CA	-	-	-	-	1.80	1.80	1.44	1.89	2.50	2.94	3.61	4.13	4.76	220	560	
	490.604	○	○	CA	CC	CE	-	-	2.05	2.05	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	220	560	

Spray angle 	Ordering no.						B Ø [mm]	E Ø [mm]	V̇ [l/min]								Spray diameter D at p=2 bar 	
	Type	Mat. no. 5E	Code						p [bar]								H = 200 mm	H = 500 mm
			PVDF	1/8 BSPT	1/4 BSPT	3/8 BSPT			1/2 BSPT	3/4 BSPP	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0		
60°	460.644	○	-	CC	-	-	2.40	1.90	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	220	560	
	460.964	○	-	-	-	AK	5.80	4.90	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	220	560	
90°	460.326	○	CA	-	-	-	0.80	0.55	0.23	0.30	0.40	0.47	0.58	0.66	0.76	380	860	
	460.406	○	CA	-	-	-	1.20	0.85	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	380	860	
	460.486	○	CA	-	-	-	1.45	1.20	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	380	860	
	460.526	○	CA	-	-	-	1.65	1.30	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	380	860	
	460.606	○	CA	-	CE	-	2.05	1.45	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	380	860	
	460.646	○	-	CC	-	-	2.30	1.80	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	390	960	
	460.726	○	-	-	CE	-	2.95	2.00	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	390	960	
	460.746	○	-	-	CE	-	3.30	1.90	4.08	5.38	7.10	8.35	10.24	11.72	13.52	390	960	
	460.766	○	-	-	CE	-	3.30	2.40	4.59	6.06	8.00	9.41	11.54	13.20	15.22	390	960	
	460.806	○	-	-	CE	-	3.70	2.70	5.74	7.58	10.00	11.76	14.43	16.51	19.04	390	960	
	460.846	○	-	-	CE	-	4.05	3.20	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	390	960	
	460.886	○	-	-	-	CG	4.70	3.10	9.19	12.13	16.00	18.82	23.08	26.41	30.46	390	960	
	460.966	○	-	-	-	CG	5.80	3.80	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	390	960	
	461.006	○	-	-	-	CG	6.40	3.80	18.09	23.87	31.50	37.05	45.45	51.99	59.97	390	960	
	461.046	⊗	-	-	-	AK	7.20	5.30	22.97	30.31	40.00	47.04	57.71	66.02	76.15	390	960	

EJE FORMA E2

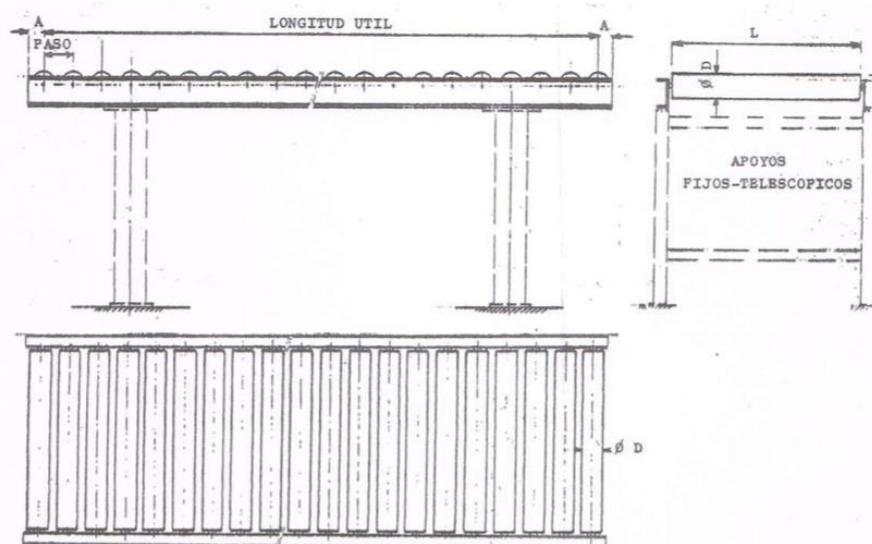


EJE FORMA E3



DIMENSIONES Y PESOS						CARGA EN FUNCION DE VELOCIDAD						
ø D	ø d	e	L min-max.	Kg		v=m/s	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.50
				L=100	1cm.							
40	10	1.5	60-1000	0.36	0.021	40	25	19	15	12	11	9
50		1.5		0.39	0.024	50	30	26	22	16	14	11
60		2		0.52	0.035	60	35	32	26	20	18	13
50	12	1.5	60-1000	0.43	0.027	50	60	55	51	44	39	30
60		2		0.55	0.038	60	65	62	57	50	44	35
70		2		0.62	0.043	70	70	66	60	54	48	39
60	15	2	60-1000	0.66	0.043	60	100	90	70	60	50	33
70		2		0.73	0.048	70	105	95	75	65	55	38
80		2		0.80	0.053	80	110	100	80	70	60	49
60	17	2	60-1000	0.74	0.047	60	130	120	100	90	80	60
70		2		0.82	0.052	70	135	127	105	100	90	70
80		2		0.91	0.057	80	145	135	115	105	95	75

Sobre demanda, dimensiones especiales.

Pesos aproximados.
Cotas en mm.

DATOS TECNICOS

DIAMETRO "D"	-40-50-60-70-80-89mm.
PASO STANDARD	-50-75-100-125-150mm.
DIAMETRO DE EJES	-10-12-15-17-20mm.
RODILLOS	-TUBO DE ACERO SOLDADO
RODAMIENTOS	-DE BOLAS DE ACERO
CARGAS METRO LINEAL	-SOBRE DEMANDA
ESTRUCTURA	-PERFILES DE ACERO
APOYOS	-ALTURA FIJA Y REGULABLE

Rated Input Voltage	Drive Model Number CIMR-JU	Normal Duty ⁽¹⁾		Heavy Duty ⁽¹⁾	
		Rated Output Current (Amps)	Nominal HP ⁽²⁾	Rated Output Current (Amps)	Nominal HP ⁽²⁾
200-240V 1-Phase	BA0001BAA	1.2	1/8 & 1/4	0.8	1/8
	BA0002BAA	1.9	1/4	1.6	1/4
	BA0003BAA	3.3	1/2 & 3/4	3.0	1/2
	BA0006BAA	6.0	1	5.0	3/4 & 1
	BA0010BAA	9.6	2 & 3	8.0	2
200-240V 3-Phase	2A0001BAA	1.2	1/8 & 1/4	0.8	1/8
	2A0002BAA	1.9	1/4	1.6	1/4
	2A0004BAA	3.3	1/2 & 3/4	3.0	1/2
	2A0006BAA	6.0	1	5.0	3/4 & 1
	2A0010BAA	9.6	2 & 3	8.0	2
	2A0012BAA	12.0	3	11.0	3
	2A0020BAA	19.6	5	17.5	5
380-480V 3-Phase	4A0001BAA	1.2	1/2	1.2	1/2
	4A0002BAA	2.1	3/4 & 1	1.8	3/4
	4A0004BAA	4.1	2	3.4	1 & 2
	4A0005BAA	5.4	3	4.8	3
	4A0007BAA	6.9	4	5.5	3
	4A0009BAA	8.8	5	7.2	4
	4A0011BAA	11.1	7.5	9.2	5

Alta velocidad		Baja velocidad HP ¹⁾		Arm.	Catálogo No.
HP	RPM	1200 RPM	900 RPM		
3	1800	1.3	0.75	213T	*
5	1800	2.2	1.2	215T	*
7.5	1800	3.3	1.9	254T	*
10	1800	4.4	2.5	256T	*
15	1800	6.7	3.7	284T	*
20	1800	8.9	5	286T	*
25	1800	11	6.2	324T	*
30	1800	13	7.5	326T	*
40	1800	18	10	364T	*
50	1800	22	13	365T	*
60	1800	27	15	404T	*
75	1800	33	19	405T	*
100	1800	44	25	444T	*
125	1800	55	31	445T	*
150	1800	67	37	447T	*
200	1800	88	50	449T	*

Diagrama de conexiones; dos velocidades, devanados separados

APÉNDICE B

GENERACION DE DESECHOS PELIGROSOS						
Nombre del desecho peligroso	Clave de acuerdo con el Listado Nacional	Categoría	CRTIB	Generación anual		Punto de generación
				Cantidad	Unidad	
		L3				
		L3				
		L3				
		L3				

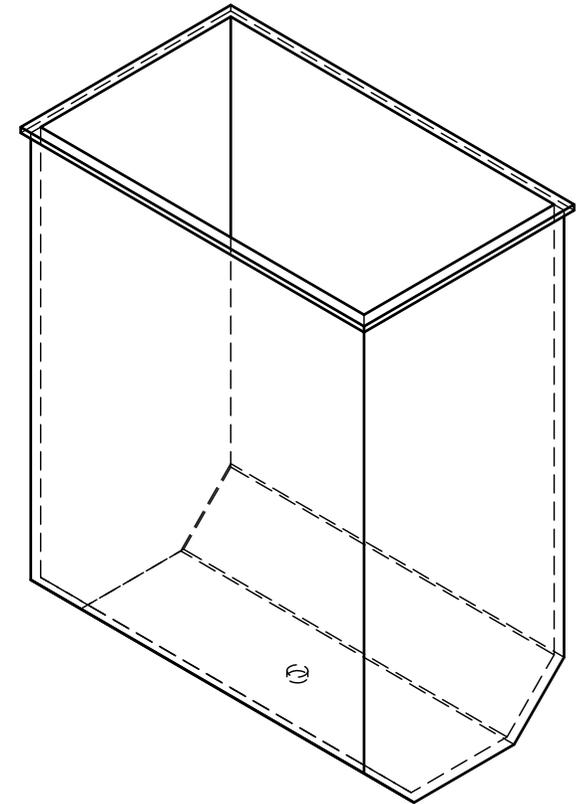
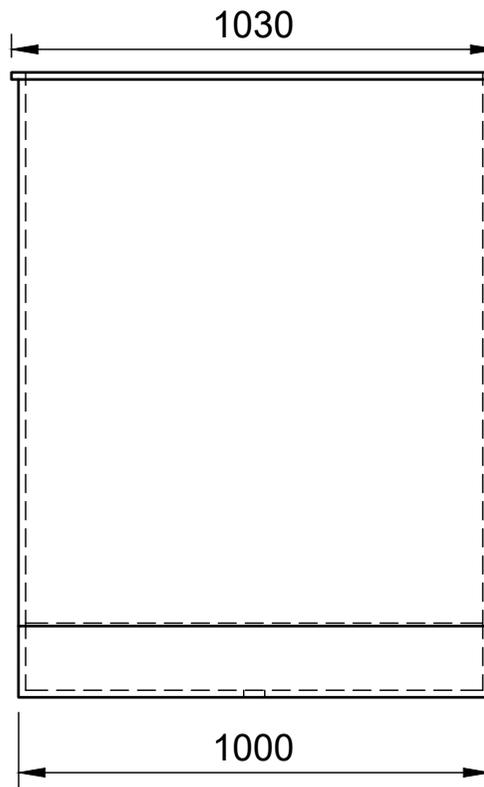
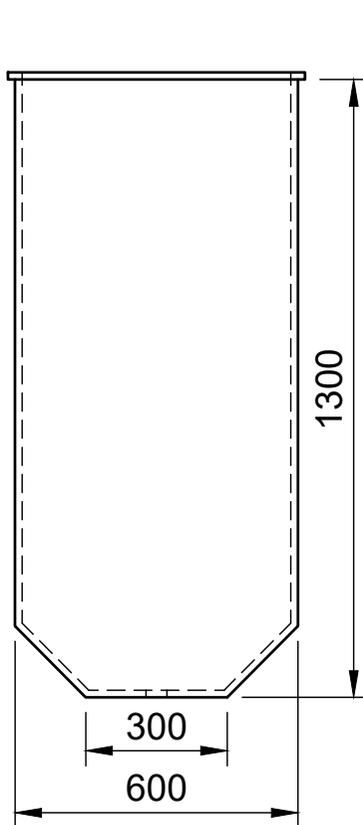
Punto de generación	Clave
Transporte de insumo	TI
Almacenamiento de insumo	AMI
Proceso productivo	PP
Almacenamiento de producto	AMP
Control de calidad	CC
Transporte del producto	TP
Descarga del producto	DP
Servicios auxiliares	SAX
Mantenimiento	MN
Subproducto	SP

Modalidad de manejo del desecho		
Nombre del desecho de acuerdo con el Listado Nacional de desechos	Clave de desecho	Clave de manejo de desecho

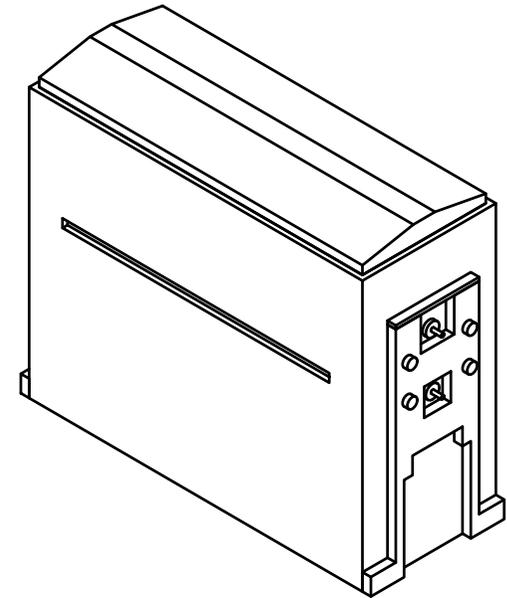
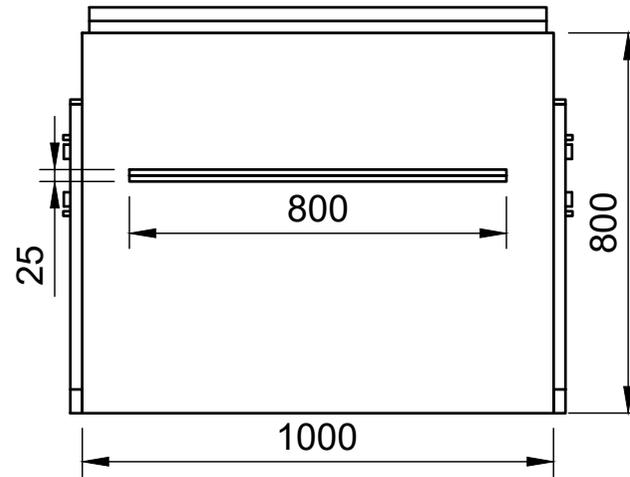
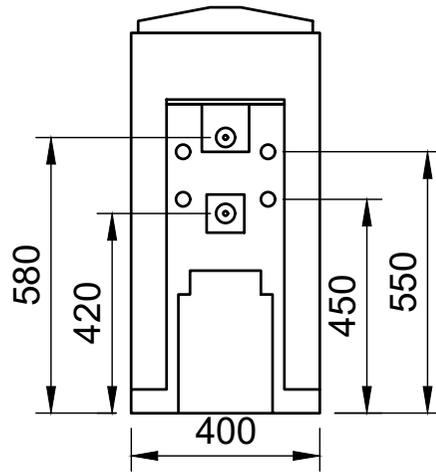
Almacenamiento temporal de desechos peligrosos							
Identificación de almacén	Clave del desecho	ALMACENAMIENTO					
		Características del almacén				Capacidad del almacén	
		Local	Material	Ventilación	Iluminación	Cantidad	Unidad

Generación del desecho peligroso				
Nombre de desecho de acuerdo con el listado Nacional de desecho	Clave	Categoría	Nombre de empresa generadora	N° registro de empresa generadora

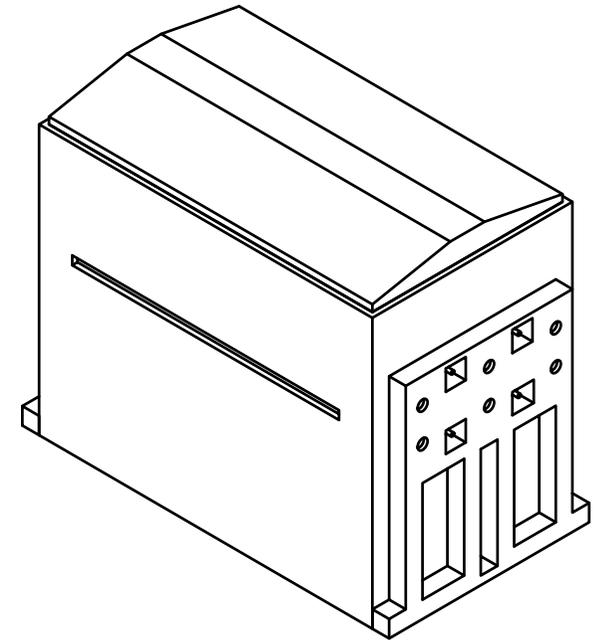
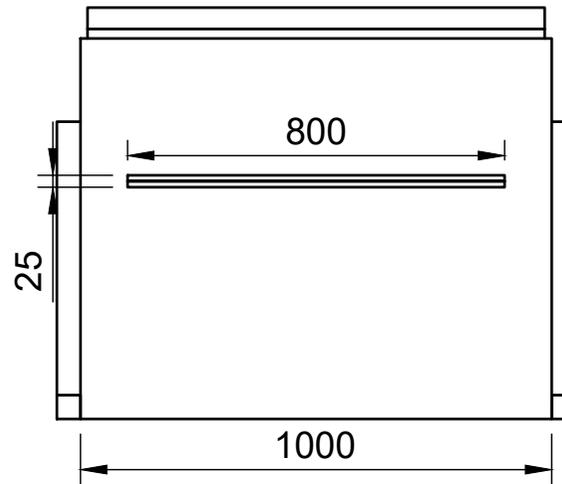
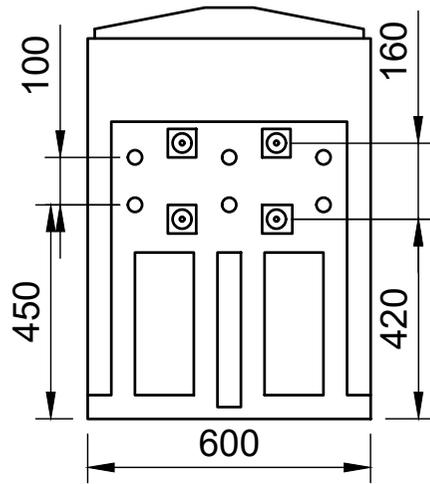
APÉNDICE C



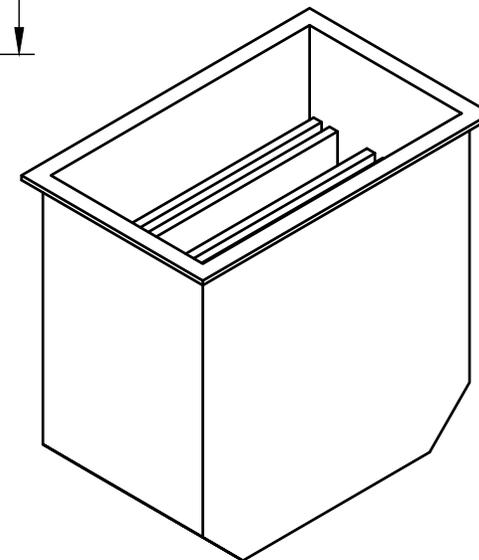
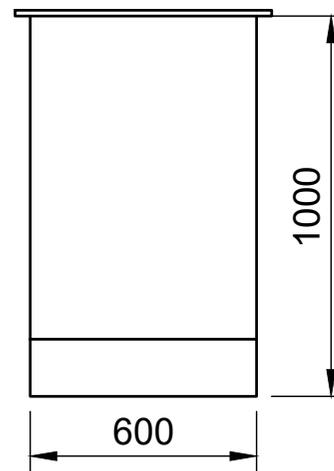
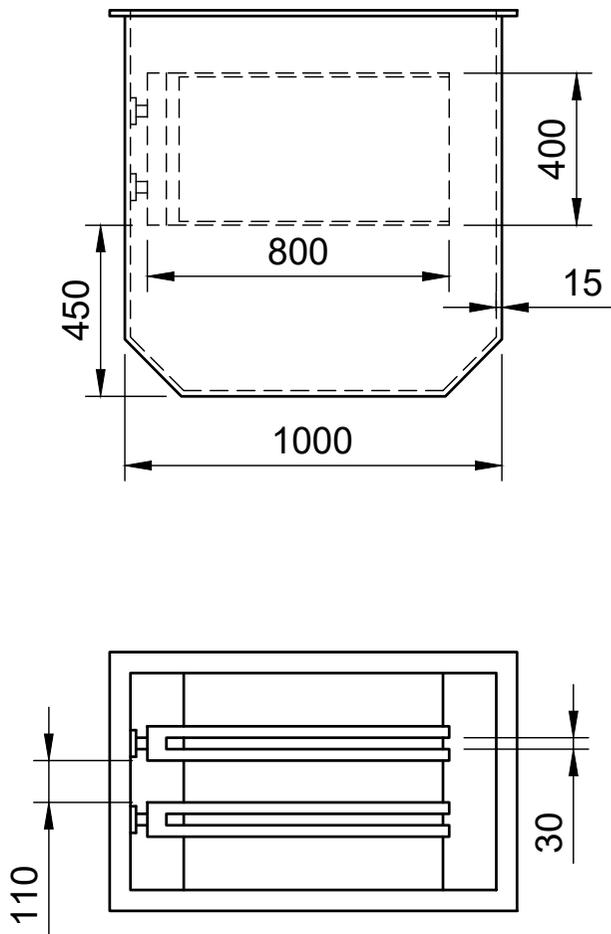
Scale 1:16	Technical reference	Created by Robin Poveda 17/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Tanque de desengrase	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



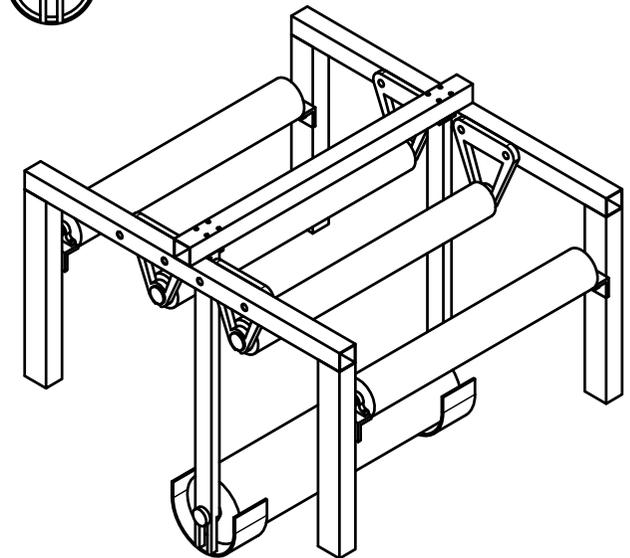
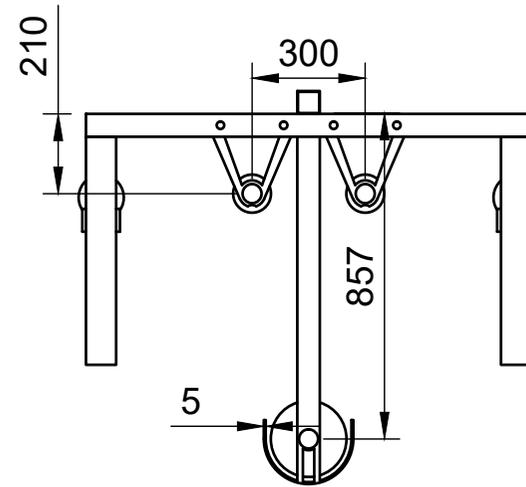
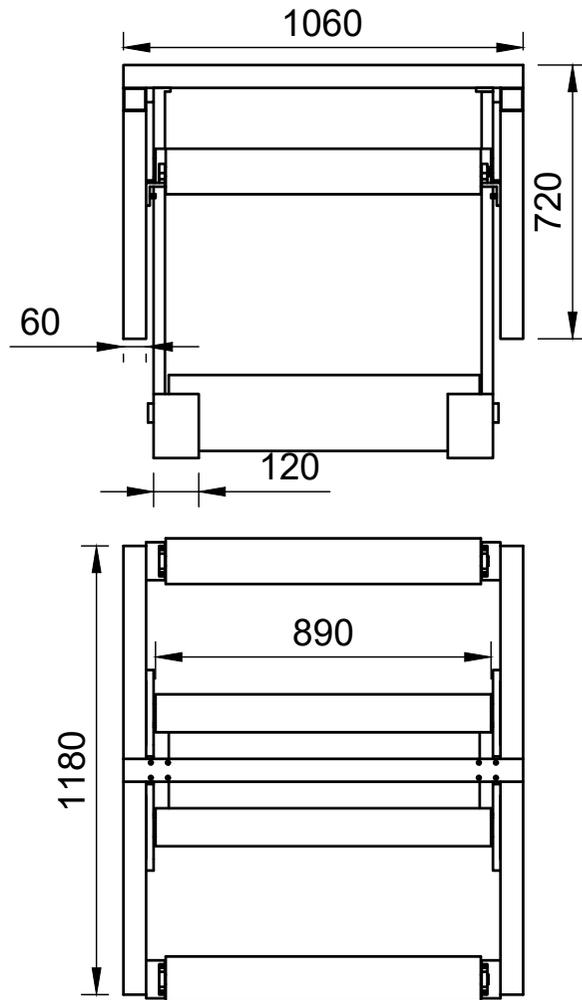
Scale 1:16	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 17/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Tanque de decapado y enjuague	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



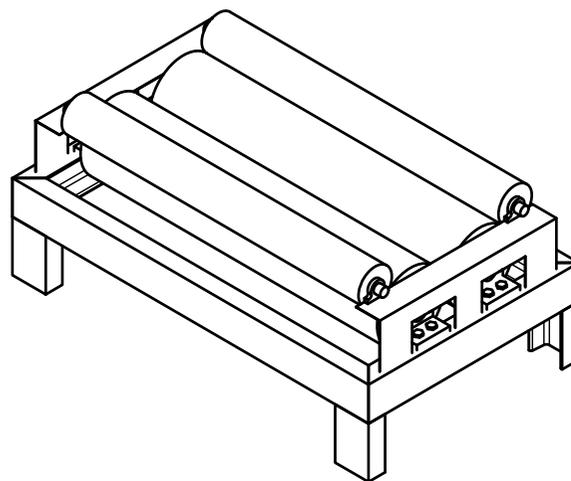
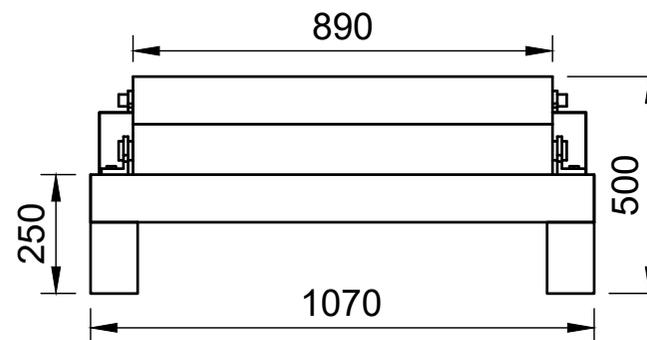
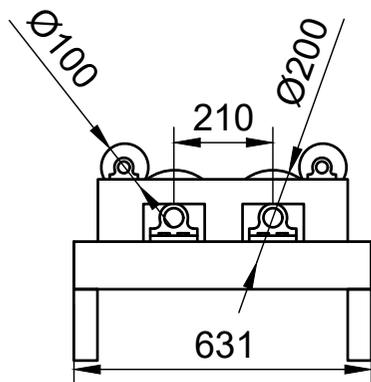
Scale 1:16	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 24/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Tanque de enjuague doble	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



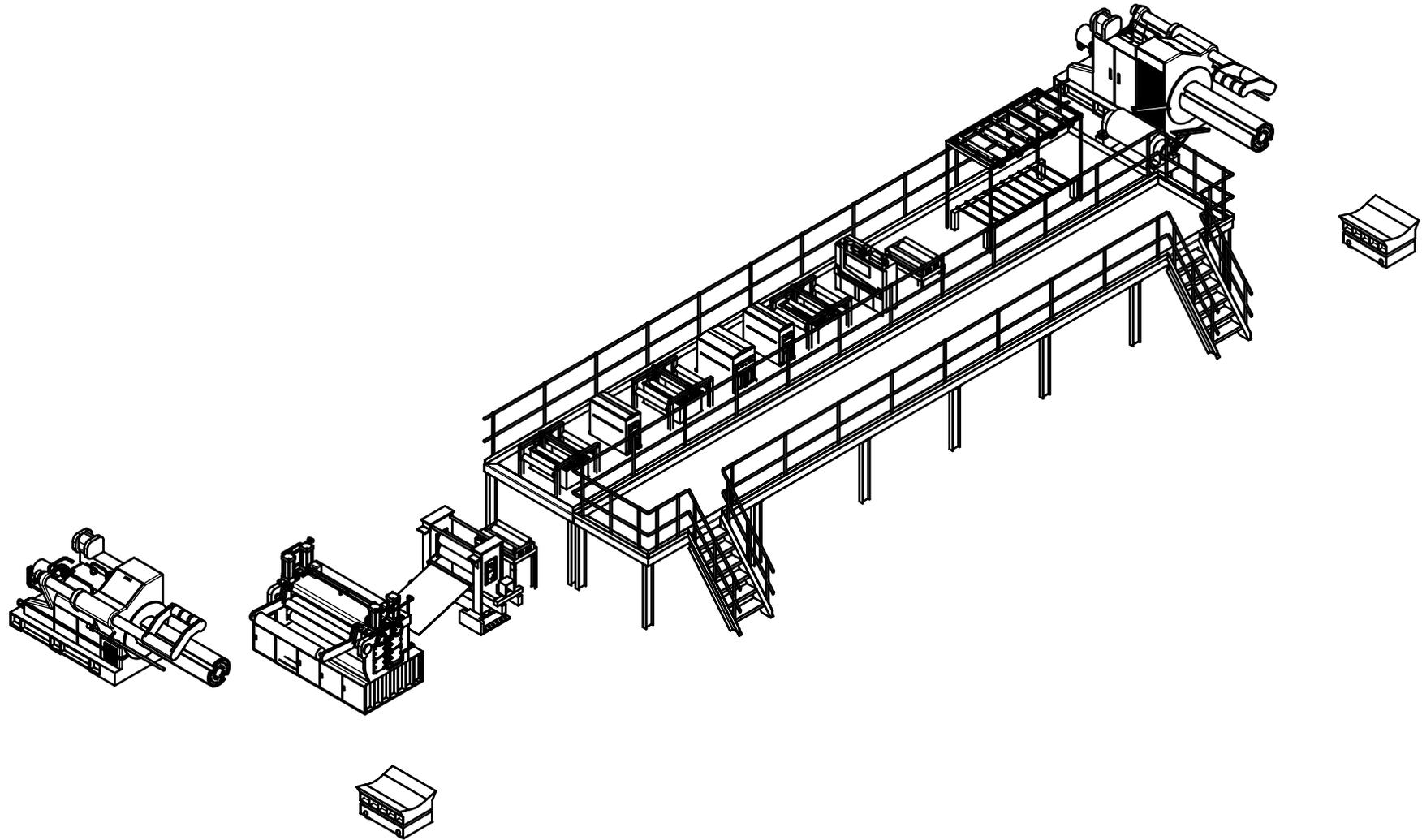
Scale 1:20 (From parent)	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 17/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Tanque de electrodeposicion	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Scale 1:20	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 17/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Estructura para los tanques	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Scale 1:16	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 28/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Estructura Rodillo de Tensión	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Scale 1:120	Technical reference	Created by Poveda/Basurto 28/8/2020	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Linea de producción Vista Isometrica	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1