

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Diseño de Transportador de Tipo Cadena Cardanica Con Estructura
Fabricado en Acero Inoxidable AISI 304 y Tina Enchaquetada Para
Elaboración de Choco Banano"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Johnny Andrés Choez Villacis

Sergio Leonel Benítez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, a nuestras familias que nos han apoyado incondicionalmente para poder alcanzar esta meta de ser profesionales, a todos los ingenieros que me ayudaron con las consultas que surgían en el transcurso del proyecto, también agradecemos a nuestros amigos que siempre estuvieron allí para darnos ánimos, al Ingeniero Jorge Marcial por el apoyo y orientación y todos los profesores que conformaron la Materia Integradora.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Johnny Andrés Choez Villacis

Sergio Leonel Benítez Troya

MSc Jorge Medardo Marcial Hernandez

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Johnny Choez V.



Sergio Benítez T.



MSc Jorge Marcial H.

RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó un transportador y tina enchaquetada para la elaboración de Choco Banano (banano recubierto de chocolate), la tina consta de una rampa enchaquetada de recuperación de goteo de chocolate causado por el banano al salir de la tina. El transportador utiliza una cadena cardanica a la cual se le realizó una adaptación en el pin pivotante para poder colocar una pinza construida en acero inoxidable que sirve para colgar los bananos. La cadena describe un recorrido particular que se logró con ayuda de dispositivos mecánicos, recorrido que permite la sumersión del banano dentro de la tina enchaquetada que contiene chocolate líquido a aproximadamente 45°C. Por el interior de la tina enchaquetada circula agua caliente a 55°C, temperatura que no permite que se endurezca el chocolate líquido dentro de la tina. A esto también se suma la colocación de una bomba lobular con pre cámara de calentamiento para hacer recircular el chocolate en la tina y de esta manera realizar una mezclado del chocolate para poder mantener temperaturas aproximadamente uniformes en todo el chocolate. Estos equipos mencionados son solo una parte del proceso de elaboración del Choco Banano.

En el diseño de la estructura del transportador, de la tina y la rampa enchaquetada se utilizó como material de construcción el Acero Inoxidable Austenítico AISI 304, debido a que es un material que cumple con la norma CPE INEN 001 “Código de práctica para manipulación de alimentos”. Para el transporte del banano en paleta se utilizó una cadena plástica de la marca Uni Chains modelo UNI 1701 que es del tipo cardanica, de Polioximetileno que es un material termoplástico con buenas propiedades mecánicas y térmicas. Este tipo de cadena permite dar el radio de curvatura que se requiere para el retorno de la cadena. Para la generación del movimiento se utilizó un motor reductor trifásico de 2 Hp. Para el diseño y modelado de los equipos se utilizó el software Autodesk Inventor Professional 2015 con licencia para estudiante.

El dimensionamiento de los componentes del sistema transportador – tina se lo determino por medios de cálculos y técnicas de ingeniería en las áreas de diseño mecánico, mecánica de fluidos, mecánica de maquinarias y transferencia de calor.

El diseño final del equipo cumplio con el requerimiento establecido de 5200 unidades por hora.

Palabras clave. Transportador de tablilla, cadena cardanica, recipientes enchaquetados, banano, chocolate, choco banano, pinza de colgado.

ABSTRACT

The purpose of this work was the design of a conveyor made of stainless steel, using cardan chains for transporting the product, in this case bananas on a stick. The design of a carousel conveyor allows immersion of the product in chocolate syrup at 45 ° C, which is in a jacketed tub, circulating inside, hot water at 55 ° C to prevent hardening chocolate. In this way, the machine, allows to obtain Choco Bananas, by dipping bananas in chocolate. Both structures are considered only as a part of the product development. Austenitic stainless steel AISI 304 was used for the metal structure of the conveyor and the jacketed tub. A plastic cardan chain, UNI 1701, made of polyoxymethylene, a thermoplastic material with high mechanical and thermal properties, that allows the required radius of curvature for returning the chain, was used to transport bananas.

A three-phase reducer motor 2 Hp was used for transmission chain. A stainless pump impeller was also used to recirculate chocolate syrup, from the tank to the tub, and keep it at 45 ° C. For designing and modeling the machine, Autodesk Inventor Professional 2015 software was used with student license. The dimensioning of the components was determined by engineering calculations techniques, acquired in the courses of mechanical design, fluid mechanics, mechanics and heat transfer machines. GTAW welding method was used to obtain a fine finish on the metal structure. With the results, the conveyor and the dipping tub for bananas was sized.

Keywords: *jacketed vessels, cardan conveyor chains, adaptive design*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivo Especifico.....	2
1.3 Marco Teórico.....	3
1.3.1 Planteamiento del Problema	3
1.3.2 Condiciones Operativas de la Maquina.....	3
1.3.3 Materia Prima que se va a colocar en la Maquina	3
1.3.4 Funcionamiento de la máquina	4
1.3.5 Mantenimiento de la máquina	4
1.3.6 Tipos de materiales para la construcción de la máquina.	4
1.3.7 Proceso de producción del choco banano	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. METODOLOGÍA DEI DISEÑO.....	5

2.1	Selección de la mejor alternativa	5
2.2	Descripción del proceso de sumersión del banano en el chocolate	6
2.3	Diseño del Sistema de Sumersión del Banano en el Chocolate	8
2.3.1	Diseño de estructura o bastidor del transportador	8
2.3.2	Diseño de cadena de transporte de banano	15
2.3.3	Diseño y Dimensionamiento de la Tina	29
2.3.4	Diseño de la rampa de goteo	47
CAPÍTULO 3.....		49
3.	Resultados y analisis de costo.....	49
3.1	Resultados.....	49
3.2	Análisis de Costo	55
3.2.1	Costos de Materiales y de mano de obra.....	58
CAPÍTULO 4.....		65
4.	Discusión y Conclusiones	65
4.1	Conclusiones	65
4.2	Recomendaciones	67
Bibliografía.....		68
APENDICES		71

ABREVIATURAS

u/h	Unidades por hora
m	Metro
mm	Milímetro
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año
d	diametro del alambre
D	Diametro exterior
E	Modulo de Young
m	Constante de pendiente del material
A	Constante de interseccion
S _{ut}	Resistencia maxima
S _y	Resistencia estatica o esfuerzo de fluencia
D	Diametro del nucleo
C	indice del resorte
K _i	factor de correccion
M	par de torsion maximo
r	longitud de donde se agarra hasta el centro del nucleo
F	fuerza de agarre
W _b	peso del banano en (N)
m	masa del banano
g	gravedad
F _s	Fuerza de friccion ejercida por el palito de helado en el metal
U _s	coeficiente estatico
N	normal entre el palito de helado y el acero
C _r	carga radial que soporta el cojinete.
n	Revoluciones por minuto
f _n	Frecuencia natural.
P _r	Fuerza radial
w	peso de la cadena por metro
L	longitud de la cadena
g	gravedad
M	Numero de bananos en la longitud dela cadena
L ₁₀	Tiempo de vida del cojinet
f _H	Factor de vida del cojinete
F _C	Fuerza cortante
S _{sy}	Esfuerzo permitido

τ	Cortante
A_s	area del contante
\emptyset	Diametro del perno
n	Factor de seguridad
F_{CP}	Cortante maximo permitido
L_H	Longitud recta del transportador
L_C	Longitud curva del transportador
L_i	Longitud inclinada del transportador
L_T	Longitud total del recorrido de la cadena
T_C	Peso total de la cadena
W_{TC}	Peso total de la cadena
U_C	coeficiente estatico entre la cadena,el nylon.
W_{TB}	Peso total del banano en la cadena
V	Velocidad del transportador o cadena
T_1	Tension en la cadena que incluye tramo recto y curvos
T_2	Tension en la parte inclinada del tramo de la cadena
T_T	Tension total o carga total
Pot	Potencia del motor
j	Factor de transportacion.
p	Paso de la cadena
z	Número de dientes rueda motriz.
Q_T	Caudal Total
Q_{Agua}	Caudal del agua caliente.
N	Número de tinas.
FD	Factor de demanda.
Q	Calor sensible transferido o Calor suministrado por la caldera.
ρ	Densidad del agua.
C_p	Calor especifico del agua.
T_{salida}	Temperatura de salida.
$T_{entrada}$	Temperatura de entrada.
m	El caudal másico de vapor , masa de la sustancia
$h_{vapor\ saturado}$	Entalpía vapor saturado a 930 KPa.
$h_{líquido\ saturado}$	Entalpía líquido saturado a 930 KPa.
k	Constante de conductividad
A_1	Area de transferencia de calor por conducción.
ΔT_1	Diferencial de temperatura entre la pared de la tina y aislamiento.
e	Espesor del aislamiento a calcular, espacio recorrido.
h	Coeficiente de transferencia de calor por convección
A_2	Area de transferencia de calor por convección.
ΔT_2	Diferencial de temperatura entre la pared de aislamiento y el medio exterior:
T_∞	Temperatura Crítica

m_{CH}	masa de chocolate liquido
C_{pch}	Calor especifico del chocolate
V_{AGUA}	Volumen del agua en el enchaquetado
Q_{AGUA}	Energia que transfiere el agua al chocolate en J
Q_{CH}	Energia que necesita el chocolate para alcanzar la temperatura deseada
Q_1	Perdida de energia con las paredes del metal en J
Q_2	Perdida de energia con el producto en J
Q_3	Perdida de energia con el ambiente en J
T_f	Temperatura final en °C
T_0	Temperatura inicial en °C
C_{pAGUA}	Calor especifico del agua
P	Presion en Pa
H	Altura en metros del chocolate
P_0	Presion atmosferica
V_{CH}	Volumen del chocolate liquido
F_P	Fuerza sobre la base del tanque
A_b	Area de la base del tanque.
P_i	Presion interior del tanque
ρ_{ch}	Densidad del chocolate
F_t	Fuerza en el area del espesor de las paredes de la tina
A_t	Area en la paredes transversales del tanque en m^2
a	Longitud de la pared del tanque
u	Espesor de las paredes del tanque en metros
P_p	Presion en las paredes del tanque de chocolate, Presion en el enchaquetado
A_T	Area del del enchaquetado de la tina
A_P	Area de la superficie del enchaquetado del cilindro
H_T	Carga hidraulica de la bomba
A_2	Area de la seccion transversal de la tuberia
A_1	Area de la seccion transversal de la tuberia
V_2	Velocidad de entrada
V_1	Velocidad de entrada
Z_1	Altura de entrada
Z_2	Altura de salida
P_1	Presion de entrada
P_2	Presion de salida
h_l	Perdidas en las tuberias
f	Factor de fricción
L	Longitud de tubería
v	Velocidad de flujo del líquido
\emptyset	Diámetro de tubería
L_t	Longitud total de la tuberia
n	Indice de comportamiento

K	Viscosidad
R_e	número de Reynolds
$R_{e\text{ critico}}$	Numero de reynolds criticos
G.E	Gravedad especifica
t	Tiempo

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
g	Gramos
pulg	Pulgadas
MPSI	Libra por pulgada al cuadrado por 10^6
KPSI	Libra por pulgada al cuadrado por 10^3
PSI	Libra por pulgada al cuadrado
Lbf	Libra Fuerza
N	newton
Kg	Kilogramo
m/s^2	metro por segundo al cuadrado
RPM	Revoluciones por minuto
KN	Kilo Newton
Pa	Pascal
kg/m	Kilogramo por metro
Kw	Kilo Watt
W	Watt
Hp	Caballo de potencia
Kg/H	Kilogramo por hora
GPM	Galones por minuto
$^{\circ}C$	Grados centigrados
BHP	Caballos de fuerza en sistema ingles
KPa	Kilo Pascal
Kg/s	Kilogramo por segundo
$^{\circ}K$	Grados Kelvin
mm	Milímetros
J	Joules
cm	Centímetros
KJ	Kilo Joules

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Diagrama de Flujo de Selección de Alternativa	5
Figura 2-2. Proceso de Elaboración del Choco Banano	7
Figura 2-3. Diseño de forma de la Estructura del Transportador	10
Figura 2-4. Colocación de Cargas y Restricciones	11
Figura 2-5. Desplazamiento de la Estructura.....	12
Figura 2-6. Perfil de Guia de Cadena	14
Figura 2-7. Esquema de Viga Cargada.....	14
Figura 2-8. Cadena Uni 1701.....	16
Figura 2-9. Modificación de Pin de Cadena	17
Figura 2-10. Pinza de Colgado de Banano	17
Figura 2-11. Diagrama de Cuerpo Libre	18
Figura 2-12. Rodillo Anti-Levantamiento de Cadena	21
Figura 2-13. Sección de Rodillo Anti-Levantamiento de Rodillo	25
Figura 2-14. Mallado de Elemento Finito	32
Figura 2-15. Esfuerzos en Paredes de Tina	33
Figura 2-16. Esfuerzos Producidos en Cambio de Sección.....	34
Figura 2-17. Comparación de Curvas	41
Figura 2-18. Curva de Bomba.....	42
Figura 2-19. Diagrama Electrico	45
Figura 2-20. Diagrama de Fuerza Electrica	45
Figura 2-21. Diagrama de Control del Sistema Electrico	46
Figura 2-22. Sensores Infrarrojos en Tina	47
Figura 2-23. Rampa de Recuperación de Chocolate.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los Aceros Inoxidables	9
Tabla 2. Propiedades Físicas de la Estructura.....	11
Tabla 3. Resultados de Análisis Estático	13
Tabla 4. Datos de Cadena de Transporte.....	16
Tabla 5. Factor de potencia J	28
Tabla 6. Coeficiente de Resistencia K	39
Tabla 7. Perdidas Menores en Accesorios	39
Tabla 8. Resultados de Pinza de Colgado Para Banano	50
Tabla 9. Resultado de Selección de Cojinete para Rodillo anti levantamiento de Cadena	51
Tabla 10. Resultado de Motor y Reductor para Arrastre de Cadena	52
Tabla 11. Resultados de Tina Enchaquetada	53
Tabla 12. Resultados de Bomba de Mando	54
Tabla 13. Resultados de Bomba de Recirculación	55
Tabla 14. Resultado de Sistema de Control de Nivel.....	55
Tabla 15. Diagrama Gantt de Construcción de Sistema de Sumersión	57
Tabla 16. Desglose de Costo de Diseño y Estructura.....	58
Tabla 17. Desglose de Costo de Tina Enchaquetada.....	59
Tabla 18. Desglose de Costo de Rampa Enchaquetada	60
Tabla 19. Desglose de Costo de Sistema de Transmisión	60
Tabla 20. Desglose de Costo de Montaje	61
Tabla 21. Desglose de costo de Consumibles.....	62
Tabla 22. Resumen de Costos	63
Tabla 23. Costos de Bombas Lobulares	64

Tabla 24. Calor Especifico del Agua	73
Tabla 25. Rodamiento de Bola	78
Tabla 26. Resultados de simulacion en Acero y Aluminio	94
Tabla 27. Propiedades Termicas del Acero y del Aluminio.....	94
Tabla 28. Especificaciones Tecnicas de Bombas.....	102

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Sistema de sumersión de Banano en Chocolate
PLANO 2/1	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/2	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/4	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/5	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/6	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/7	Transportador tipo Carrusel
PLANO 2/8	Transportador tipo Carrusel
PLANO 3/1	Tina enchaquetada
PLANO 3/2	Tina enchaquetada
PLANO 3/3	Tina enchaquetada
PLANO 4/1	Rampa enchaquetada
PLANO 4/2	Rampa enchaquetada

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es diseñar un transportador de banano en paleta y tina enchaquetada para la elaboración a escala industrial del choco banano (banano recubierto de chocolate). El transportador utiliza una cadena cardanica de Polioximetileno. El diseño de la cadena permite el radio de curvatura del transportador necesario para formar el carrusel, lo que permitirá la utilización de un solo motor de arrastre de la cadena y la sumersión del banano en el chocolate de un lado y del otro lado la colocación o colgado del banano congelado en paleta al transportador mediante pinzas adaptadas a la cadena del transportador. En el presente trabajo también se trata del diseño de una tina enchaquetada por donde circulara internamente agua a 55°C, para poder mantener la temperatura de 45°C del chocolate líquido que contiene la tina. Este diseño será presentado en un prototipo virtual con la ayuda del Software Autodesk Inventor 2015, versión estudiantil.

1.1 Descripción del problema

La necesidad surge al ver que en el mercado europeo y en el mercado nacional el consumo de Choco Banano elaborado en forma artesanal tiene mucha acogida. Este producto trata del banano bañado en un jarabe de chocolate. El banano en si es primeramente congelado sin cascara a una temperatura inferior a los 0°C para luego ser recubiertos de un jarabe de chocolate que se encuentra a una temperatura aproximada de 45°C, produciendo un choque térmico y provocando que se endurezca el chocolate en toda la superficie de banano. Este producto se lo hace artesanalmente en el ecuador por muchas personas que lo ponen de venta en sus casas o en tiendas, la industria alimenticia ecuatoriana al ver este producto y su comercialización en el mercado internacional como nacional crea la necesidad de poderlo fabricar en escalas industriales para lo cual se requiere una Línea de elaboración de este producto. De esta manera esta compañía solicita los servicios profesionales para que se le diseñe un equipo que transporte banano de tal manera que este sea sumergido en un jarabe de chocolate y poder producir un aproximado de 5200 unidades de choco banano por hora.

Para el diseño de esta máquina se seleccionaran componentes disponibles en el mercado nacional.

El equipo diseñado se le llama transportador de cadena cardanica (table top) y Tina Enchaquetada contenedora de chocolate líquido. En la tina enchaquetada se podrán colocar otros productos según lo requiera para bañarlos en chocolate, por esta razón esta máquina podría tener varias funciones para productos posteriores en el mercado nacional o internacional,

Los mercados que se proyecta esta máquina son el de Europa, Asia, América del Norte, como también el mercado nacional Ecuatoriano.

1.2 Objetivos

Para este estudio hemos considerado objetivo general y objetivo específico para detallar de una mejor manera lo que se quiere alcanzar con el diseño de este equipo.

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de transporte de 5200 unidades/hr de banano en paleta, construidos con materiales que cumplan las normas de calidad de manipulación de alimentos. Materiales como el acero inoxidable AISI 304 que utilice cadena cardanica (Tabletop) de Polioximetileno para darle la forma de carrusel y así poder sumergir el banano en paleta dentro de un recipiente o tina enchaquetado que contiene chocolate líquido a 45°C, que a su vez es recirculado por medio de una bomba para mantener la temperatura homogénea de todo el chocolate líquido y así lograr producir de manera industrial Choco Banano.

1.2.2 Objetivo Especifico

Diseñar y construir el sistema de sumersión cumpliendo con los siguientes parámetros requerido por el cliente:

1. Longitud máxima 15m.
2. Temperatura del chocolate 43°C-47°C
3. Producción de 5200 Unidades/hr.
4. Utilizar materiales grado alimenticio para el sistema de sumersión.

1.3 Marco Teórico

1.3.1 Planteamiento del Problema

Para poder diseñar todo el sistema del equipo donde se elaborara el choco banano se necesita tener en cuenta los siguientes factores.

1.3.2 Condiciones Operativas de la Maquina

Esta máquina que se diseñara, estará operando en un cuarto frío a un intervalo de temperatura de 7°C – 10°C, también se tendrá chocolate a 45°C que será llevado desde un tanque enchaquetado con un agitador por medio de una bomba a través de tuberías igualmente enchaquetadas hasta la Tina cuya superficie de acero inoxidable se encuentra a una temperatura de 55°C, que se obtiene por la circulación de agua en el interior de la chaqueta a esa misma temperatura. El chocolate estará en constante movimiento por medio de una bomba de baja potencia que será conectada a la tina para que el chocolate este recirculando y así mantenga una temperatura casi uniforme en todo el volumen del chocolate líquido.

Dos personas estará encargada de colgar el banano en la pinza de la cadena por medio del palito que previamente se le ha colocado en el banano. Una persona se encargara de llevar los bananos congelados que viene de la cámara de enfriamiento a -18°C hasta el transportador. Todas las condiciones son favorables para que la maquina funcione de manera óptima, la maquina se diseñara para poder producir 5200 u/hr lo cual es mucho más del estimado que se esperaba que eran 4500 U/H, la maquina estará en línea con otros equipos que ayudaran en el proceso de empaquetado y de suministro del chocolate a la temperatura deseada en la tina enchaquetada.

La máquina está diseñada para poder trabajar en las condiciones mencionadas de tal manera que el producto no tendrá ningún inconveniente en el momento de retirarlo del equipo.

1.3.3 Materia Prima que se va a colocar en la Maquina

La materia prima que se colocara en la máquina para la fabricación del Choco Banano como su palabra mismo lo dice será el banano sin cascara, el banano que se coloca en la maquina estará puesto por medio de un palito de helado, se necesitara por cada unidad de banano un palito de helado o paleta para poder insertar el banano en la misma el cual ya viene insertado el mismo en el palito por medio de un operador para ser colocado en la máquina.

El chocolate es otro producto que será colocado dentro de la tina enchaquetada como ya se mencionó antes por medio de tuberías por la cual el banano se introducirá para poder ser cubierto totalmente.

La energía eléctrica será algo indispensable para el funcionamiento de la misma, de esta manera la maquina se podrá encender para la elaboración del producto.

1.3.4 Funcionamiento de la máquina

La máquina estará diseñada para poder realizar la producción ya mencionada, se harán todos los análisis y cálculos respectivos para que pueda cumplir todas las expectativas planteadas de una manera eficiente.

1.3.5 Mantenimiento de la máquina

En el diseño de la misma se dará apertura para su fácil mantenimiento como seria la limpieza de las pinzas donde se agarra al producto, también la limpieza de la tina enchaquetada y la bomba que hace recircular al chocolate, así mismo el desmonte de algún componente que ya no esté en buenas condiciones para la producción podrá ser retirado fácilmente, por esta razón cada componente en la maquina fue colocado para poder ser retirado fácilmente en caso de que ya no cumpla con las condiciones para su funcionamiento.

1.3.6 Tipos de materiales para la construcción de la máquina.

Los materiales de los componentes que se utilizaron para la fabricación de estos equipos son el acero inoxidable AISI 304, la cadena cardanica de Polioximetileno y proceso de soldadura GTAW (tig).

1.3.7 Proceso de producción del choco banano

Se mencionara de una forma breve el proceso del choco banano.

El banano es llevado por medio de un operador a la maquina donde el banano está colocado con un palito de helado para ser puesto por medio de dos operadores en la máquina, de lo cual el banano será introducido en la tina enchaquetada para ser sumergido, de esta manera queda cubierto totalmente del chocolate líquido a 55°C, una vez que sale el banano cubierto de chocolate fuera a una temperatura de 7°C hay un choque termino lo cual favorece para que el chocolate se endurezca mucho más rápido sobre la superficie del banano, el banano cubierto de chocolate tendrá un recorrido de 4 minuto hasta llegar al operador que lo recogerá para llevarlo al proceso de empaquetado, se estima que el chocolate se endurece en dos minutos por medio de conceptos y cálculos que más adelante se verán con detalladamente, por lo cual los 4 minutos es un tiempo suficiente para poder elaborar el producto

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

Para la selección de la metodología hacemos referencia a la siguiente Figura 2-1, que nos muestra un diagrama de flujo que nos indica cómo proceder con las alternativas seleccionada. Como se puede observar se inicia con las condiciones y restricciones que se requiere para la elaboración del Choco Banano.

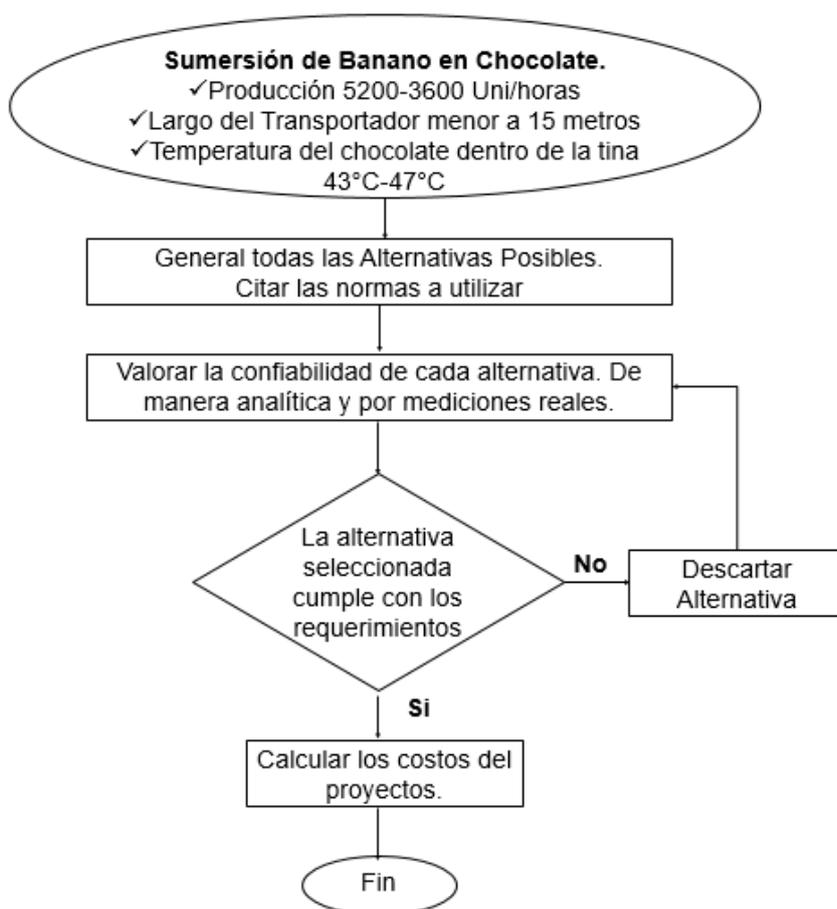


Figura 2-1. Diagrama de Flujo de Selección de Alternativa

2.1 Selección de la mejor alternativa

Para la selección de la mejor alternativa para el diseño, tenemos que tomar en cuenta los parámetros y restricciones que están en Figura 2.1

A continuación presentamos las diferentes alternativas que se tiene para poder producir la sumersión del banano.

Las alternativas son las siguientes:

1. Seleccionar un sistema de transportación de tablilla (tipo cardanica) en línea recta, para de esta manera colocar el banano en inicio del arrastre de la cadena y hacerla pasar por una tina llena de chocolate en la parte central de del trasportador, de esta manera el banano saldrá de la tina recubierta de banano y se lo podrá retirar después de la tina.
2. Diseñar un tipo de transportador con cadena cardanica, pero este debe de tener un recorrido elíptico u ovalado de tal manera que el transportador tiende a tener la figura del tipo carrusel. De esta manera se coloca la tina con chocolate de un lado de la trayectoria con una pendiente que obligue al banano sumergirse, entonces del otro lado de la cadena se retiraría el banano ya cubierto de chocolate.

De las dos alternativas mencionadas la primera quedaría descartada debido a que un diseño de ese tipo obligaría que la longitud del transportador sea mayor a los 15m que se dispone en el área donde funcionara.

La segunda alternativa es la elegida para realizar el baño del banano en el chocolate. Esta alternativa es la más adecuada debido a que esta nos brinda un mayor recorrido para poder colocar el banano y no ocuparía mayor espacio, cumpliendo con la restricción de no pasar los 15m.

Cabe recalcar que este proyecto de sistema de sumersión para elaboración de Choco banano es un proyecto real que se llevó a cabo en la empresa que actualmente trabajo y con la ayuda de mi compañero de proyecto de grado estamos realizando el informe técnico respectivo, por tanto el diseño elegido esta valorado con pruebas y mediciones reales. En los Anexos se encuentran fotos de la fabricación del equipo.

2.2 Descripción del proceso de sumersión del banano en el chocolate

El proceso de sumersión de banano en el chocolate, lo cual produce que el chocolate se adhiera al banano y se produzca el Choco Banano se describe a continuación con la ayuda de la Figura 2.2

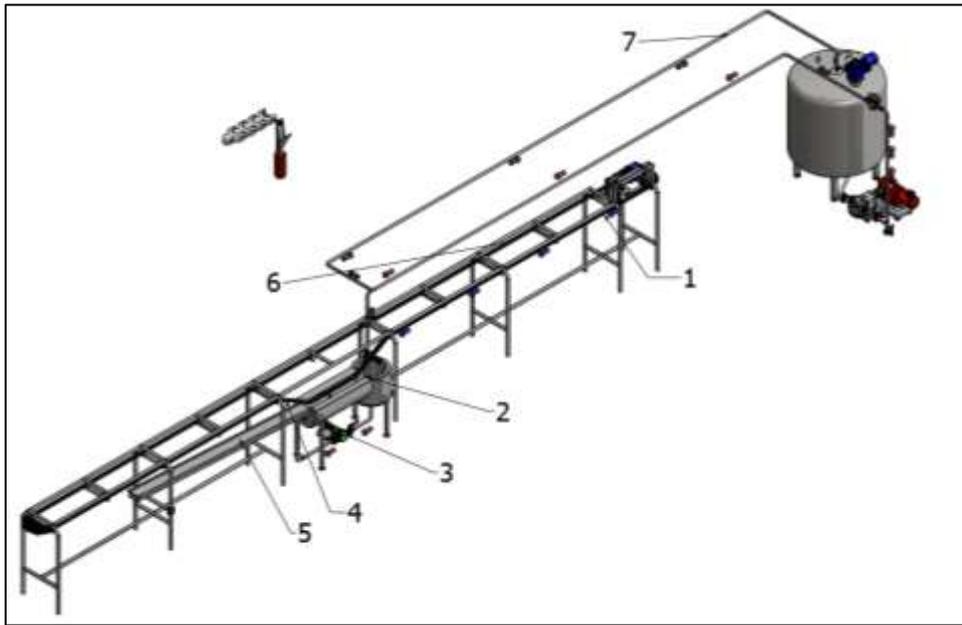


Figura 2-2. Proceso de Elaboración del Choco Banano

1. En la posición 1, se colocaría el banano que es traído de la cámara de congelación en donde sale a -18°C . El banano tiene introducido un palito para poder ser colgado por medio de una pinza metálica fabricada en acero inoxidable. De esta manera el banano es guiado por medio de la cadena siguiendo una carrilera o guía que a unos cuantos metros toma la forma de una pendiente hacia abajo quedando por encima de un recipiente enchaquetado que contiene chocolate.
2. En la posición 2 el banano se encuentra sumergido en el chocolate. El recipiente que contiene el chocolate es del tipo enchaquetado. En la chaqueta circula agua caliente a 55°C que es lo que permite que el chocolate se encuentre a 45°C . Después de ser sumergido el banano, la trayectoria de la guía de la cadena presenta otra pendiente que obliga a que de nuevo vuelva al mismo nivel al cual fue colgado.
3. La posición 3 presenta una bomba del tipo lobular positiva con pre - cámara que realiza una recirculación del chocolate en la misma tina, succionando de la parte inferior del tanque de alimentación y descargando por la parte frontal de la tina de baño. Esto se lo realiza con el único fin de agitar el chocolate y de estar continuamente mandando chocolate líquido a la superficie superior y de esta manera poder mantener la temperatura. Tanto la pre- cámara de la bomba, succión y descarga de la bomba son enchaquetada.

4. En la posición 4 el banano ya está al mismo nivel al que entro saliendo por completo de la tina de baño. El banano al salir de tina comienza a gotear chocolate en pequeñas cantidades.
5. En la posición 5 se encuentra una rampa fabricada en acero inoxidable que es del tipo enchaquetada (ver plano de construcción en apéndices). La rampa recupera el chocolate del goteo que se produce cuando el banano sale de la tina. La rampa esta sobre dimensionada en longitud lo que permite y da tiempo al chocolate no se desperdicie y se solidifique en el banano. La solidificación es casi inmediata debido al choque térmico de la temperatura del banano a -18°C y la el chocolate a 45°C .
6. En la posición 6 se retira el banano descolgándolo de las pinzas para luego ser llevadas al proceso de empaquetado.
7. La posición 7 muestra las tuberías de alimentación de chocolate a la tina. El chocolate líquido de alimentación se encuentra almacenado en un tanque del tipo enchaquetado que consta de un agitador que agita constantemente el chocolate, este es succionado por medio de una bomba lobular positiva atreves de las tuberías, esta tiene una derivación hacia la tina y otra derivación de retorno al tanque de tal manera que forma un circuito cerrado. La tubería que esta derivada a la tina consta de una válvula neumática que es controlado por el nivel de la tina.

2.3 Diseño del Sistema de Sumersión del Banano en el Chocolate

El diseño del sistema de sumersión se lo va dividir en las siguientes partes para un mejor entendimiento.

1. Diseño de estructura o bastidor del transportador
2. Diseño de transmisión de potencia de la cadena y de transportación de banano
3. Diseño de Tina enchaquetada
4. Diseño de rampa enchaquetada

2.3.1 Diseño de estructura o bastidor del transportador

Para el diseño de la estructura se debe de seleccionar el material del que va ser construido el equipo. El material más utilizado para la manipulación de alimentos en la industria alimenticia son los aceros inoxidables. Los aceros del tipo austenítico que es una aleación del cromo y níquel, son los mayormente utilizados para la manipulación de alimentos, de acuerdo a la norma CPE INEN 01: 1987. Código para la manipulación de alimentos. Por tanto el material que utilizaremos para la elaboración del bastidor y de todos los elementos metálicos va ser el acero AISI 304.

Para el diseño de este tipo de transportador nos referimos a la norma ISO/TR 5047:1982 “Equipos de manipulación mecánica continua - Transportadores de cadena con dispositivos de rodamiento o portadores de carga - Ejemplos de protección contra lesiones por los transportistas de carga”

Las ventajas que presenta la utilización de acero inoxidable son las siguientes:

1. Resistente a la corrosión
2. Ductilidad y resistencia muy alta
3. No posee propiedades magnéticas
4. Excelente soldabilidad
5. Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
6. Excelentes propiedades en temperaturas bajas (criogénicas) como altas
7. Resistencia a las fallas anti estéticas
8. Beneficio económico a lo largo de su vida útil
9. Buen acabado estético, excelente factor de higiene y limpieza

El acero inoxidable se lo puede clasificar en cinco tipos de familia. Cuatro de estas corresponden a las particulares estructuras cristalinas obtenidas por la aleación: austenita, ferrita, martensita, y dúplex (austenita mas ferrita); mientras que la quinta familia son las aleaciones del tipo endurecido por precipitación, las cuales están basadas en el tipo de tratamiento térmico usado en la estructura cristalina. En la Tabla 1 se muestra la clasificación de los aceros inoxidables.

Tabla 1. Clasificación de los Aceros Inoxidables

Clase	Clasificación AISI	Ejemplos de Especificaciones
I Martensíticos	SERIE 400	410, 420, 431
II Ferríticos		409, 430, 434
III Austeníticos	SERIE 200 Y 300	304, 304L, 321, 316
IV Dúplex		329, 2205
V Endurecibles por precipitación	Se usa el nombre comercial	17-4 PH, 15-5 HP 17-7 PH, 15-7 MO

El acero AISI 304, es el material que estará dentro de nuestro diseño para los cálculos correspondientes. Estará presente en forma de perfil (tubo cuadrado, ángulo) o en forma de perfil plegado mediante proceso de deformación en frío.

2.3.1.1 Diseño de forma de la estructura o bastidor

La Figura 2-3 representa el diseño de forma de la estructura del transportador. Estructura construida con tubo cuadrado de espesor 2mm en material de acero inoxidable. El plano de construcción de la estructura se encuentra en el Apéndice B.

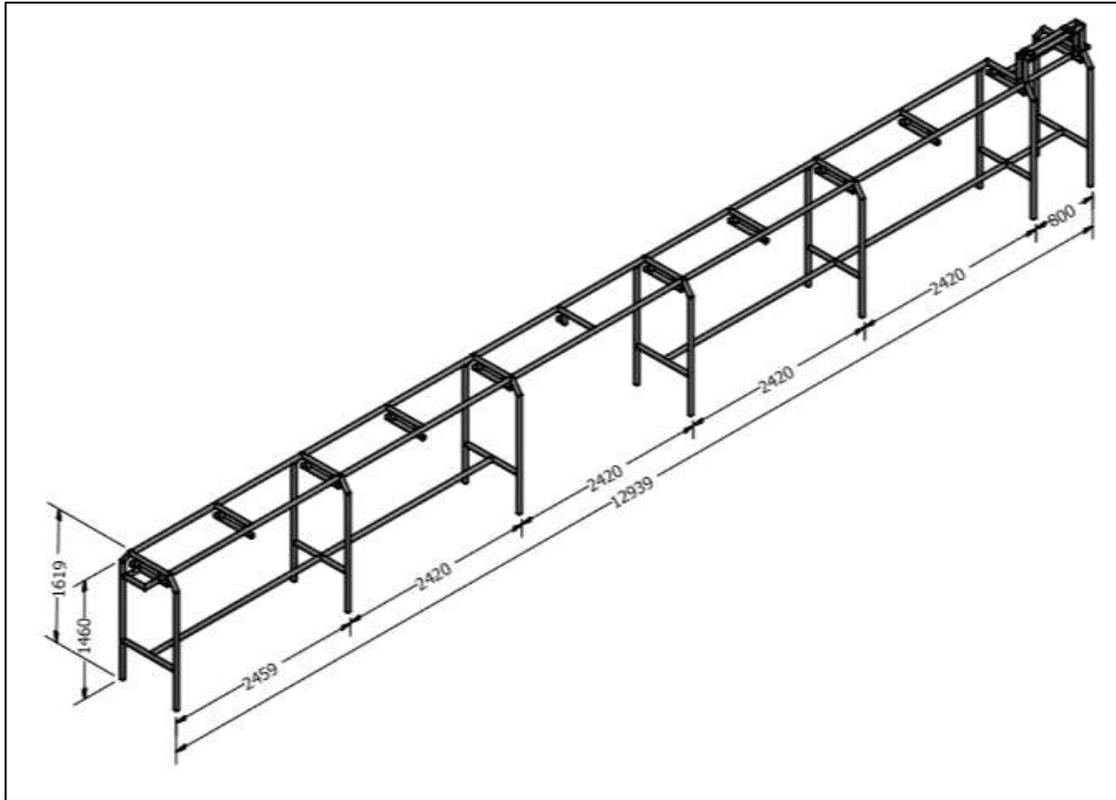


Figura 2-3. Diseño de forma de la Estructura del Transportador

Para el análisis estructural se utilizó el Software Autodesk Inventor 2015 versión estudiantil.

La carga que estructura va soportar es mínima en comparación con el peso total de la estructura. El peso de la cadena es de 1.5Kg/m, el del perfil o guía de la cadena es de 2.61 Kg/m, el banano cubierto de chocolate pesa 60 g. cada unidad, el peso del motor-reductor es de 25kg.

El análisis que se le realiza a la estructura es el análisis estático.

En la Tabla 2, se presenta las propiedades físicas de todas la estructura. Estos datos son tomados de la simulación realizada en el programa de CAD.

Tabla 2. Propiedades Físicas de la Estructura

Perfil	Tubo Cuadrado de 40mm x 2mm
Material	Acero Inoxidable AISI 304
Masa	237,676 kg
Área	234915,386 mm ²
Volumen	29931,621 mm ³
Centro de gravedad	x=-3265,498 mm y=-2826,974 mm z=184,767 mm

En la Figura 2-4, se presenta la colocación de fuerzas en toda la estructura y las restricciones. Las cargas colocadas en la estructura son cargas puntuales.

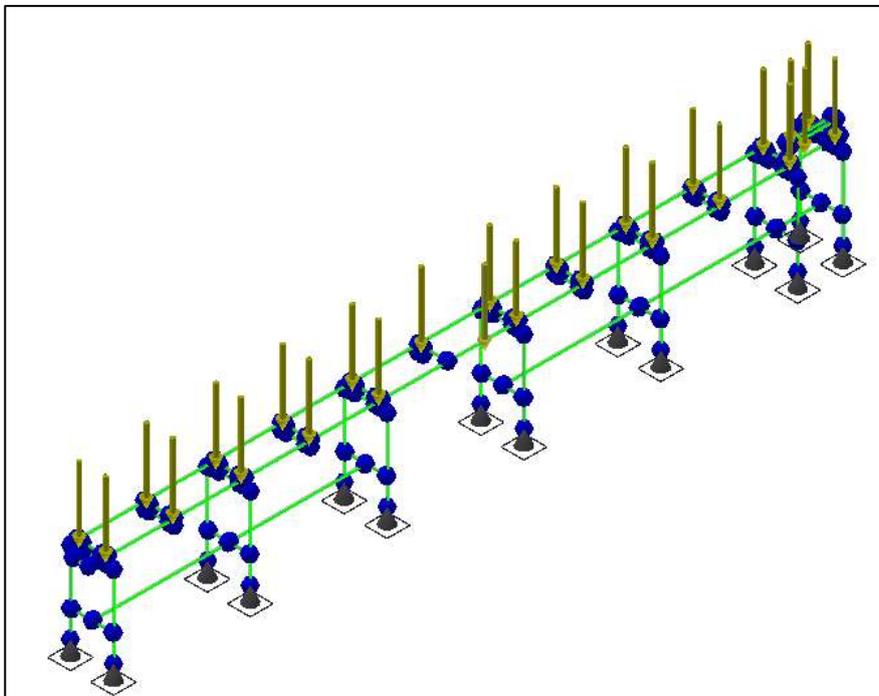


Figura 2-4. Colocación de Cargas y Restricciones

En total son 25 cargas puntuales colocadas a la estructura, entre ellas la carga que ejerce el motor de 25kg que es de 245.25 N. También se colocan las 14 restricciones. En la restricción se considera que los soportes que están simplemente apoyados en el suelo nivelado.

En la Figura 2-5, se presenta el desplazamiento que sufre la estructura por las cargas que soporta.

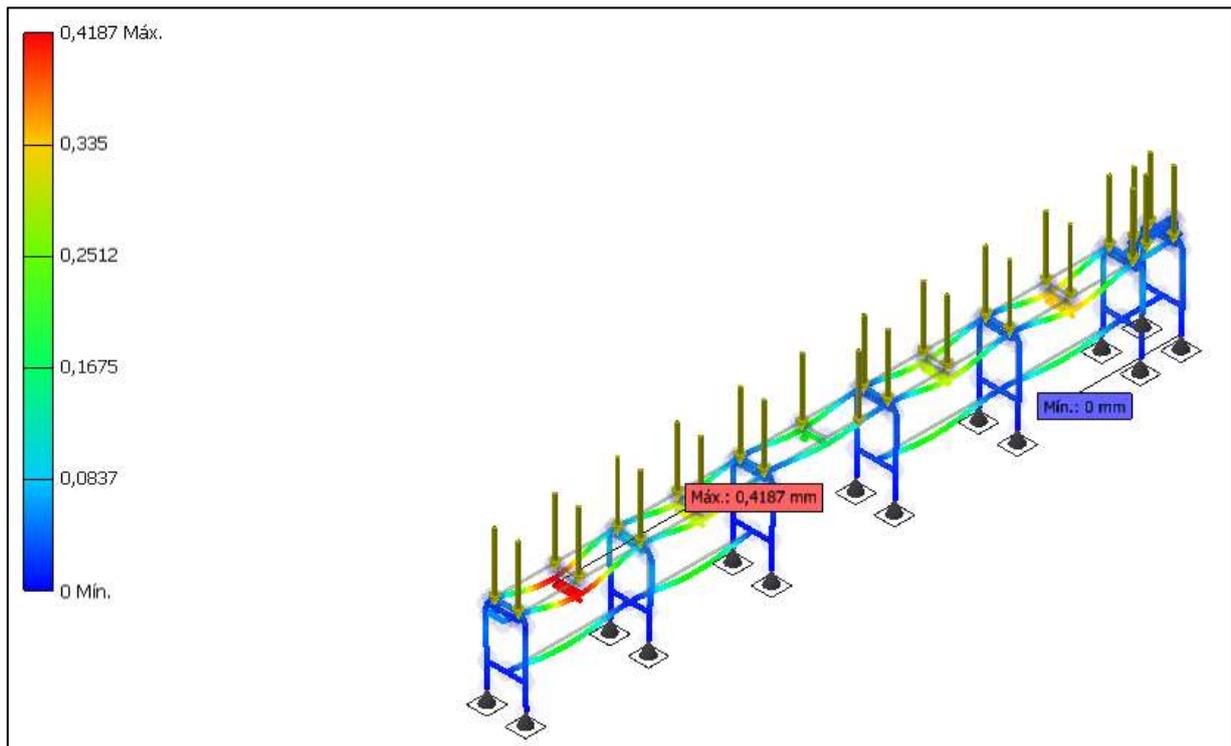


Figura 2-5. Desplazamiento de la Estructura

El desplazamiento máximo que sufre la estructura es de 0.4187mm, un valor relativamente pequeño. Esto indica que la estructura es lo suficientemente robusta para soportar su peso y las cargas de los elementos que soporta.

En la Tabla 3, se presenta los resultados obtenidos en la simulación del análisis estático realizado a la estructura.

Tabla 3. Resultados de Análisis Estático

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,419 mm
Fuerzas	Fx	-503,817 N	431,516 N
	Fy	-65,165 N	87,364 N
	Fz	-509,150 N	633,860 N
Momentos	Mx	-27185,190 N mm	29252,326 N mm
	My	-42177,688 N mm	67569,135 N mm
	Mz	-14072,329 N mm	13236,657 N mm
Tensiones normales	Smax	-1,740 MPa	15,962 MPa
	Smin	-16,129 MPa	0,499 MPa
	Smax(Mx)	-0,000 MPa	6,945 MPa
	Smin(Mx)	-6,945 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	16,042 MPa
	Smin(My)	-16,042 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-1,740 MPa	1,398 MPa
Tensión de corte	Tx	-2,599 MPa	3,046 MPa
	Ty	-0,526 MPa	0,392 MPa
Tensiones de torsión	T	-2,128 MPa	2,262 MPa

2.3.1.2 Diseño de perfil o guía de cadena

En la Figura 2-6 se muestra el diseño de forma del riel de la cadena. Es un perfil doblado en "C" de alas desiguales. Las alas desiguales son por facilitar el paso del pin de la cadena que sostiene la pinza que lleva el banano. El perfil es construido en plancha de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor.

Para realizar el cálculo del perfil se lo hará en forma de viga simplemente apoyada se determina la deflexión máxima que existe entre los apoyos.

Se ingresa las cargas y las restricciones correspondientes para realizar la simulación del programa y determinamos el factor de seguridad correspondiente, todas las ecuaciones y factores aplicados han sido tomados del libro Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley octava edición. (BUDYNAS, 2008)

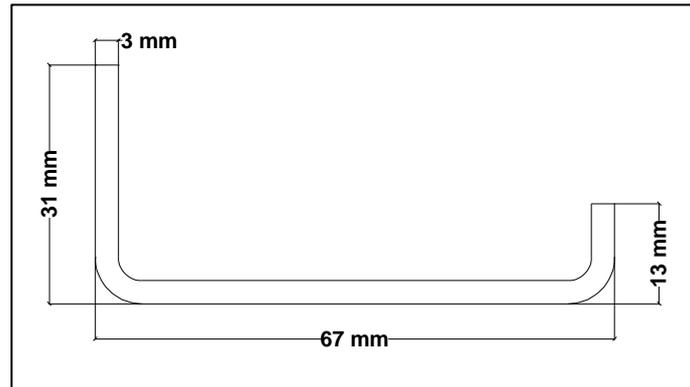


Figura 2-6. Perfil de Guía de Cadena

Se calcula el factor de seguridad de la guía que trabajara como viga simplemente apoyada. Las cargas distribuidas que actúan sobre el son las de la cadena 1.5 Kg/m, la del propio peso del riel 2.9 Kg/m, esta última incluye el peso del banano recubierto de chocolate. Esto suma 4.4 Kg/m que en newton es 43.16N/m.

Se toma el modelo matemático de una viga simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida. En la Figura 2-7 se representa el esquema de la viga cargada.

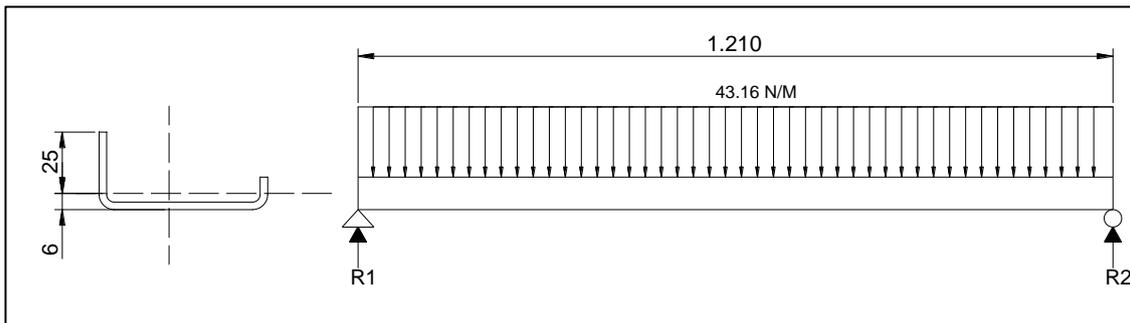


Figura 2-7. Esquema de Viga Cargada

Con las siguientes ecuaciones determinamos el máximo momento flector y el esfuerzo máximo.

$$M_{max} = \frac{wl^2}{8} \quad (1)$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}C_{max}}{I_x} \quad (2)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (3)$$

Donde:

$S_y = 1070 \text{ MPa}$ Del acero inoxidable.

$$C_{max} = 0.025m$$

Reemplazando valores en la ecuacion (1) se obtiene:

$$M_{max} = \frac{(43.16N/m)(1.210m)^2}{8}$$

$$M_{max} = 7.90Nm$$

Ahora reemplazamos valores en la ecuacion (2) donde obtenemos:

$$\sigma_{max} = \frac{(7.90Nm)(0.025m)}{1.98 \times 10^{-8}m^4}$$

$$\sigma_{max} = 9.97MPa$$

Reemplazando valores en la ecuacion (3) se obtiene:

$$n = \frac{1070 MPa}{9.97 MPa}$$

$$n = 107.3$$

El valor del factor de seguridad es de 107.3 por lo tanto el riel no va fallar por flexión. Era de esperarse ese resultado, el perfil no soporta mucho peso.

2.3.2 Diseño de cadena de transporte de banano

2.3.2.1 Selección de Cadena

Lo que se realiza es una modificación al pasador de la cadena para integrarle una pinza que servirá para colocar el banano.

La cadena que se utiliza para este transportador es de la marca UNI CHAINS, modelo UNI 1701. Unas de las razones por que se tomó esta cadena se debe a que permite hacer transportadores con curvas y de adapta al recorrido que se disponga. La cadena UNI CHAINS está certificado bajo la norma ISO 9001.

Estas cadenas están constituida de un material llamado POM- Polioximetileno, que es un material termoplástico con muy buenas propiedades mecánicas y térmicas. También se caracteriza por su alta resistencia, buena elasticidad y no afectación de sus dimensiones conformen se pasa el tiempo. Es resisten a diversa variedad de agentes químicos. Posee un bajo coeficiente de fricción y una alta resistencia al

desgaste. En la tabla 4 se presenta los datos de la cadena que serán utilizados para el diseño del transportador. La ficha técnica de la cadena se encuentra en los apéndices.

Tabla 4. Datos de Cadena de Transporte

Tipo	Descripción
Marca	Uni Chains
Código de cadena	Uni 1701
Ancho	62.0 mm
Peso	1.5Kg/m
Paso	50.0 mm
Material	Polioximetileno
Radio de curvatura mínimo	150.0mm

En la figura 2-8 se presenta la forma física que tiene la cadena cardanica utilizada para el diseño del transportador.

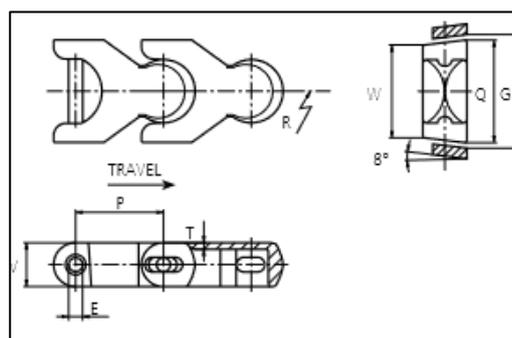


Figura 2-8. Cadena Uni 1701

2.3.2.2 Diseño de forma de modificación de pin de cadena

En la Figura 2-9 se presenta el diseño de forma que se le realiza al pin normal de la cadena para poder colocar la pinza de colgado.

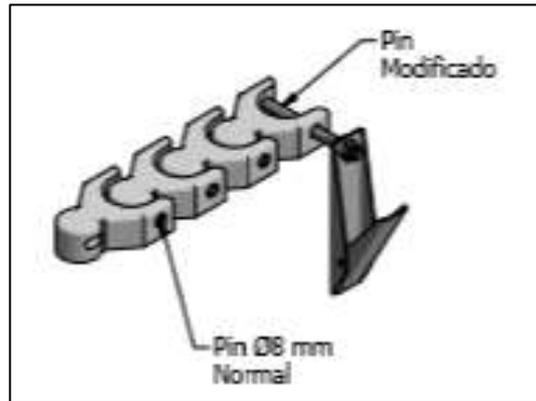


Figura 2-9. Modificación de Pin de Cadena

Se construyó nuevo pin en acero inoxidable AISI 304 en 8 mm de diámetro maquinándole una rosca M8x1.5, para poder colocar la pinza y asegurarlas mediante dos tuercas.

2.3.2.3 Diseño de Pinza de Colgado

La pinza de colgado es diseñada y adaptada a la cadena cardanica para poder colgar el banano. En la siguiente figura 2-10 se muestra el diseño de forma que tiene esta pinza construida con plancha de acero inoxidable AISI 304 de 1.5mm de espesor.



Figura 2-10. Pinza de Colgado de Banano

El plano de la pinza se encuentra en el Apéndice P en planos esquemáticos. Este tipo de pinza trabaja con un resorte en su interior que es el que ejerce la fuerza de apriete para sostener el banano.

Para esto debemos hacer la selección del resorte que va dentro de la Pinza de colgado para poder agarrar a la paleta donde está el banano.

A continuación en la figura 2-11 se presenta el diagrama de cuerpo libre de la pinza para poder sostener la masa del banano recubierto de chocolate que es de 60 g.

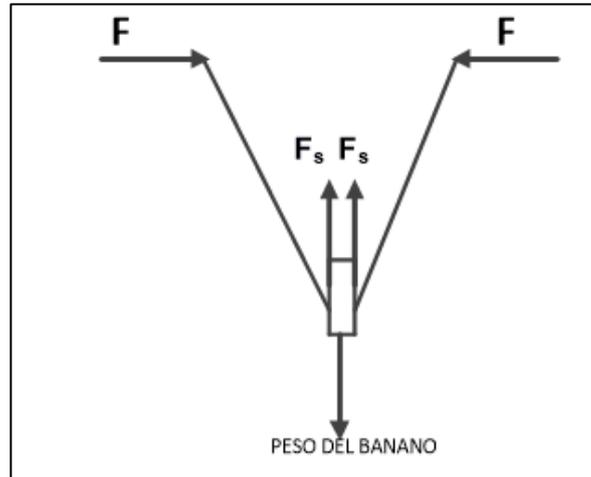


Figura 2-11. Diagrama de Cuerpo Libre

Se seleccionara el resorte el cual es de espiras helicoidal, tiene 3 vueltas de alambre en su nucleo.

Todas las ecuaciones usadas para los siguientes calculos se encuentran en el libro de Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley octava edicion, capitulo 10. (BUDYNAS, 2008, p. CAP10)

Donde las especificaciones del alambre son:

d = diametro del alambre = 1/16 pulg

D " = Diametro exterior= 0.2 pulg

material del alambre= acero inoxidable ASTM 313

E = 28MPSI (De la tabla 10-5)

E =Modulo de Young

m = Constante de pendiente del material.

A =169KPSI pulg^m (Tabla 10-4, para este material)

A =Constante de interseccion

m = 0.146 (Tabla 10-4, para este material)

Con las siguientes ecuaciones hallamos la resistencia maxima, indice del resorte, Par de torsion maximo y fuerza de agarre.

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (4)$$

$$C = \frac{D}{d} \quad (5)$$

$$M = \frac{S_Y \pi d^3}{32 K_i} \quad (6)$$

$$F = \frac{M}{r} \quad (7)$$

Donde:

S_{ut} =resistencia maxima

Reemplazando en la ecuacion (4)

$$S_{ut} = \frac{169}{0.0625^{0.146}} = 253.37 KPSI$$

Se utiliza la ecuacion:

$$S_y = 0.61 S_{ut} \text{ (Ecuacion 10-57)} \quad (8)$$

Donde:

S_y =resistencia estatica o esfuerzo de fluencia del Resorte

$S_Y = 154560 \text{ PSI}$

D = Diametro del nucleo del Resorte

$$D = D'' - d = 0.2 - 0.0625 = 0.1375 \text{ pulg}$$

C = indice del resorte

Ahora reemplazando en la ecuacion (5) obtenemos:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{0.1375}{0.0625} = 2.2$$

Sabiendo que:

K_i =factor de correccion

Se utiliza la ecuacion del factor de correccion:

$$K_i = \frac{4C^2 - C - 1}{4C(C - 1)} \quad (9)$$

Reemplazando el valor de C en la ecuacion (9) se obtiene:

$$K_i = 1.53$$

Reemplazando los valores en la ecuacion (6) obtenemos:

$$M = \frac{S_Y \pi d^3}{32 K_i}$$

Donde:

r = longitud de donde se hace la fuerza de agarre hasta el centro del nucleo

$$r = 4 \text{ pulg}$$

F= fuerza de agarre

$$M = \frac{(154560)\pi(0.0625)^3}{32(1.53)}$$

$$M = 2.43 \text{ Lbf.pulg}$$

Reemplazando los valores en la ecuacion (7) obtenemos:

$$F = \frac{M}{r} = 0.61 \text{ Lbf} = 2.71 \text{ N}$$

El banano ejerce una fuerza hacia abajo producida por su propio peso la cual se la determina con la siguiente ecuacion

$$W_b = mg. \tag{10}$$

Donde:

W_b = peso del banano en (N)

m = masa del banano = 0.06 Kg

g = gravedad = 9.8 m/s²

Reemplazando los valores en la ecuacion (10) obtenemos:

$$W_b = (0.06)(9.8) = 0.588 \text{ N}$$

Calculamos la fuerza de friccion que se ejerce entre la paleta y el material de la pinza con la siguiente ecuacion:

$$F_s = U_s N \tag{11}$$

Donde

F_s = Fuerza de fricción estática ejercida por el palito de helado en el metal donde va el resorte.

donde:

U_s = coeficiente estático=0.7(roce entre la madera y el acero)

N = normal entre el palito de helado y el acero, que es igual a la fuerza del agarre

Reemplazando en la ecuación (11)

$$F_s = 0.7 \times 2.7 = 1.89\text{N}$$

Vemos que:

$$F_s \geq W_b$$

De esta manera se cumple que la pinza es segura para el agarre del banano, ya que la fuerza de fricción estática es mayor que el peso del producto.

El resorte tiene tres vueltas de alambre, pasa por el núcleo un pasador de 0.14pulg o 3.56mm de diámetro donde el resorte queda en el interior de la estructura que conforma la pinza, el material es un acero inoxidable AISI 304, este material resiste el peso del producto, como característica principal del material de la pinza es que este tipo de acero puede tener contacto con el producto.

2.3.2.4 Diseño de rodillo anti levantamiento de cadena

En la figura 2-12 se presenta el diseño de forma del rodillo que impide que la cadena se levante en momento que cambie de dirección al pasar por la pendiente.

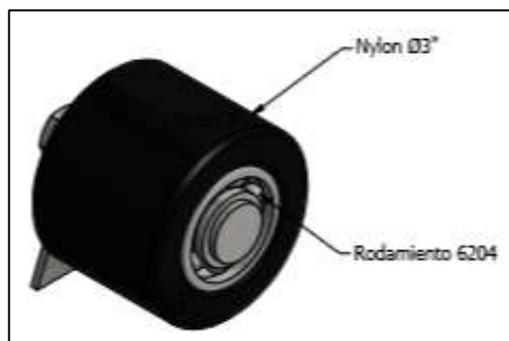


Figura 2-12. Rodillo Anti-Levantamiento de Cadena

Este rodillo funciona con dos rodamientos de bola rígido de NTN 6204.

2.3.2.5 Cálculo de carga de rodamiento.

Para hacer el cálculo de carga del rodamiento seleccionado se ha utilizado las ecuaciones y factores que se encuentran en el catálogo NTN y Apéndice C. (NTN, 2005)

Según la tabla B8 del catálogo en el Anexo 3 se ha tomado ecuaciones y factores para la selección del rodamiento, $C_r = 12.8\text{KN}$, donde C_r = carga radial que soporta el cojinete.

Las revoluciones a que va a estar sometido este cojinete es de 250 revoluciones por minuto o 250RPM.

Para $n = 250\text{rpm}$ del gráfico que se encuentra en la página A17 del Apéndice 3 del catálogo se obtiene $f_n = 0.5$, donde f_n = frecuencia natural.

Se calcula el factor de frecuencia con la siguiente ecuación del catálogo NTN

$$f_H = f_n \frac{C_r}{P_r} \quad (12)$$

Donde:

P_r = fuerza radial

Para calcular la fuerza radial que actúa sobre el cojinete se toma en cuenta la longitud de la cadena, y el peso que esta soporta.

El peso de la cadena se lo toma del catálogo de la cadena UNI CHAIN. (UNI-CHAIN, 2014)

Donde:

w = peso de la cadena por metro (kg/m) = 1.5kg/m

L = longitud de la cadena (m) = 2.42m

g = gravedad (m/s^2) = 9.8 m/s^2

M = Número de bananos en una longitud de 21m

La longitud L fue tomada de la longitud de la cadena ya que este es el tramo que ejerce fuerza sobre el rodillo lo cual también se toma en cuenta el peso del banano, juntando las dos fuerzas encontramos la carga radial aplicando la siguiente ecuación:

$$P_r = wLg + W_b M \quad (13)$$

Reemplazando los valores en la ecuación (13) obtenemos:

$$P_r = (1.5)(2.42)(9.8) + (0.588)(21)$$

$$P_r = 48\text{N} = 0.048\text{KN}$$

Ahora calculamos el factor f_H , reemplazando los valores en la ecuacion (12)

$$f_H = 0.5 \frac{12.8}{0.048} = 133.33$$

Ahora calculamos el tiempo de vida L10 tomado del catalogo pagina A17 figura 3.1 en el Apendice C, donde para este f_H el L10 es infinito, por lo tanto el rodamiento seleccionado es óptimo para la estructura ya que $C_r \gg P_r$, donde este rodamiento tiene vida infinita.

2.3.2.6 Calculo del perno de sujeción

En la figura 2.8 podemos observar que se ha colocado un perno, este va unido a la estructura que va soldada al canal del transportador que estabiliza la cadena cardanica para que no se mueva de su lugar o de su trayectoria, la ecuaciones y factores aplicados para la selección del perno son tomados del libro de Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley octava Edicion capitulo 8 y del libro de Resistencia de materiales, cuarta edicion capitulo uno seccion elementos de sujecion. (BUDYNAS, 2008, p. CAP 8), (SINGER, 2000, p. CAP 1)

El material del perno es de acero inoxidable AISI 304 ya que este material es óptimo para la industria alimenticia. La información que podemos obtener de este material según el Apendice B es:

$$S_y = 310\text{MPa} = 45\text{KPSI}$$

Donde:

$$F_c = \text{Fuerza cortante}$$

La fuerza cortante la tomaremos igual que la carga radial del cojinete o rodamiento que se selecciono, debemos aclarar que el cojinete alivia la fuerza que actúa sobre el perno, el cálculo es al cortante ya que es la fuerza que actúa sobre el perno, por lo tanto:

$$F_c = 48\text{N} = 0.048\text{KN} = 11\text{Lbf}$$

Donde:

$$S_{sy} = \text{esfuerzo permitido} = 0.577S_y = 0.577(45) = 26\text{KPSI}$$

Aplicamos las siguientes ecuaciones para hallar el area del cortante y el esfuerzo cortante:

$$A_s = \frac{\pi\phi^2}{4} = \frac{\pi(0.5)^2}{4} = 0.19 \text{ Pulg}^2 \quad (14)$$

$$\tau = \frac{F_c}{A_s} = \frac{11}{0.19} = 57.9 \text{ PSI} \quad (15)$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante

A_s = Area del contante

ϕ = Diametro del perno = 0.5 Pulg

Se tomara un factor de seguridad $n=2$

Reemplazando valores en la ecuacion (14) y (15) obtenemos:

$$A_s = \frac{\pi(0.5)^2}{4} = 0.19 \text{ Pulg}^2$$

$$\tau = \frac{11}{0.19} = 57.9 \text{ PSI}$$

Aplicando la siguiente ecuacion hallamos el cortante maximo permitido

$$F_{CP} = \frac{S_{Sy}A_s}{n} \quad (16)$$

Donde:

F_{CP} = CORTANTE MAXIMO PERMITIDO

Reemplazando valores en la ecuacion (16) obtenemos:

$$F_{CP} = 2470 \text{ Lbf}$$

Para hallar el factor de seguridad aplicaremos la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau} \quad (17)$$

Reemplazando valores en la ecuacion (17) obtenemos:

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau} > 2$$

Hemos obtenido un factor de seguridad mucho mayor que dos, por lo tanto $F_{CP} \gg F_c$ vemos que la fuerza cortante que resiste el perno es mucho mayor que la fuerza

cortante que se ejerce sobre el elemento, por lo tanto el perno no va fallar por cortante.

En la figura 2-13 se presenta el perno en el rodillo.

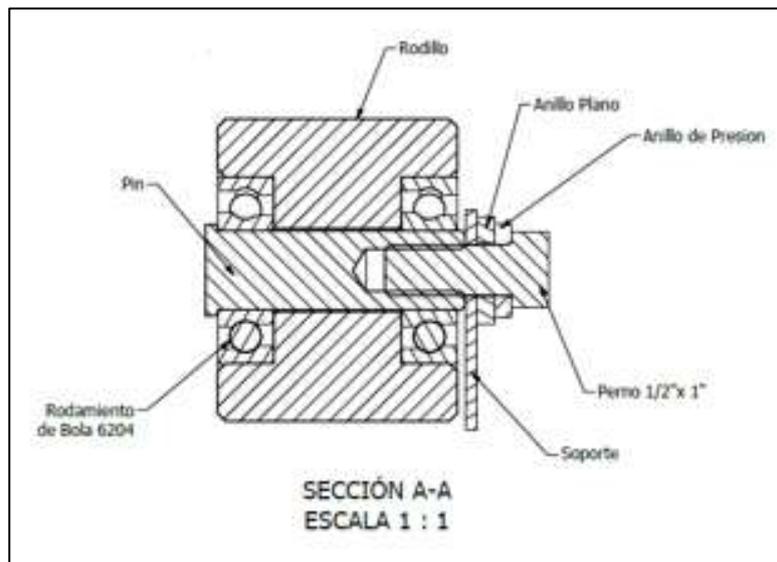


Figura 2-13. Sección de Rodillo Anti-Levantamiento de Rodillo

2.3.2.7 Selección del Motor Reductor de arrastre de la cadena.

Para seleccionar el motor que mueve el transportador se necesita calcular la potencia del sistema, con ese dato podremos hacer una correcta selección, para calcular la potencia absorbida por el transportador se ha tomado las ecuaciones de un transportador de cadena y tracción que se encuentran en un catalogo de la empresa Cardesa que fabrica varios tipos de cadena, estas ecuaciones han sido adaptadas para nuestro sistema las cuales en forma similar se encuentran en el Apendice K y ciertos coeficientes como el de rozamiento fueron obtenidos del libro: Calculo y Cadenas transportadoras de potencia y tracción, selección, que se encuentra en las referencias. (CADERSA, 2005) (GUZMAN, 2013)

De esta forma se pasa a calcular las tensiones en los tramos de la cadena en función de la carga que llevan, recordemos que la carga de este transportador es muy pequeña comparada con la de otros transportadores.

De los planos que se encuentran en el Apendice P obtenemos la longitudes rectas, curvas y las longitudes inclinadas que recorre la cadena, a continuación se muestran las medidas totales de los tramos que recorre la cadena.

L_H = Longitud recta del transportador

L_C = Longitud curva del transportador

L_i =Longitud inclinada del transportador

L_T = Longitud total del recorrido de la cadena

Donde:

$L_H= 23540\text{mm}=23.540\text{m}$

$L_C=2764.6\text{mm}=2.764\text{m}$

$L_i= 1736\text{mm}=1.736\text{m}$

$L_T=28040\text{mm} =28.04\text{m}$

A continuacion utilizamos la ecuación (18) para hallar el peso total de la cadena basandonos en las especificaciones tecnicas en el Apendices D donde nos muestran los valores que requiere esta ecuación:

$$W_{TC} = w \cdot L_T \cdot g \quad (18)$$

Donde:

W_{TC} = peso total de la cadena

w = peso de la cadena por metro(kg/m)=1.5kg/m

Reemplazando los valores en la ecuación (18) se obtiene:

$$W_{TC} = (1.5)(28.04)(9.8) = 412.2\text{N}$$

Donde :

U_C = coeficiente estatico entre la cadena,el naylon. (GUZMAN, 2013, p. 25)

$U_C=0.6$

W_{TP} = Peso total del Producto en el transportador

Aplicamos la ecuación (19) para hallar el peso total del producto en el transportador:

$$W_{TP}=W_b \cdot N_1+W_P \cdot N_2+W_R \cdot N_2 \quad (19)$$

Donde:

W_{TP} = Peso total del Producto en el transportador

W_P = Peso de la Pinza

W_R =Peso del pasador

N_1 = Numeros de banano con chocolate en la cadena

N_2 = Numeros de pinzas y pasadores en la cadena

En el transportador hay 140 unidades de producto, donde la pinza y el pasador tienen un peso de 1.078N y 0.0196N respectivamente, reemplazando estos valores en la ecuacion (19) obtenemos:

$$W_{Tp}=(0.588)(140)+(1.078)(140)+(0.0196)(140)$$

$$W_{Tp}= 236N$$

La velocidad a la que va el transportador se la tomo de $V=0.15m/s$ ya que de esta manera se da tiempo para colocar el producto manualmente y de la misma forma descargarlo, se podra poner un reductor para poder conseguir esta velocidad, aplicando la ecuación (20) encontramos la tracción del transportador

$$F = U_c[W_{TB} + W_{TC}] \quad (20)$$

Reemplazando los valores en la ecuacion (20) obtenemos:

$$F = 0.6[236 + 412.2] = 389N$$

Para hallar la potencia absorbida por el transportador usamos la ecuacion (21) :

$$Pot = \frac{F \cdot V}{100} \quad (21)$$

donde

Pot=potencia del motor en Kw

V= Velocidad del transportador

Reemplazando en la ecuacion (21) obtenemos:

$$Pot = \frac{(389)(0.15)}{100} = 0.5835 \text{ KW} = 583.5 \text{ Watts}$$

Para hallar la potencia del motor que va a mover todo nuestro transportador consideramos el factor de potencia j, donde hemos tomado un factor de potencia de de 2.3 debido a que la potencia absorbida es de baja carga,ademas incluria sacar de la inercia al transportador al momento del arranque, tambien el guineo hace arrastre por el chocolate, tomada de la metodologia del fabricante que se encuentra en el Apendice K.

Hacemos referencia a la siguiente tabla donde se recomienda multiplicar a la potencia absobida un factor según la tabla, lo cual le hemos llamado factor J, esta recomendación se encuentra en el Apendice K :

Tabla 5. Factor de potencia J

Factor de potencia	
Condiciones de operacion	Valor del factor de potencia: J
Condiciones de Trabajo duro	2
Potencias bajas del transportador	2
Condiciones de Trabajo suave	1.25
Potencias altas del transportador	1.25
Condiciones similares al transportador de baja carga.	2-2.5

Aplicamos la ecuación (22) para hallar la potencia del motor:

$$Pot_M = Pot. j \quad (22)$$

Reemplazando valores en la ecuacion (22) obtenemos:

$$Pot_M = (583.5)(2.3) = 1342.05Watts$$

Sabemos que 1hp= 745.7 W por lo tanto:

$$Pot_M == 1.8Hp$$

j= Factor de potencia

Donde:

$$Pot_M= 1.8Hp$$

Ahora hallamos las revoluciones por minuto del eje motriz del transportador aplicando la ecuacion (23).

$$n = \frac{60. V}{p. z} \quad (23)$$

Donde:

n = Velocidad de giro en RPM

v = Velocidad de la cadena en m/seg.

p = Paso de la cadena en m.(Dato del catalogo de la cadena, apendice 4)

z = Número de dientes rueda motriz.

Reemplazando valores en la ecuacion (23) obtenemos:

$$n = \frac{60. V}{p. z} = \frac{60(0.15)}{(0.05)(13)} = 14RPM$$

Con estos datos seleccionamos el motor de nuestro transportador, aclarando que se tuvo que colocar en la realidad un motor de 2Hp, es necesario adaptar un motor reductor ya que el motor seleccionado es de 1750 RPM.

En la potencia hay un error 0.2 Hp que serian 149.14Watts de diferencia con la realidad, ya que este transportador esta operando actualmente.

Las ecuaciones aplicadas para este transportador pueden ser utilizadas para diseños posteriores si es un sistema similar a este.

2.3.3 Diseño y Dimensionamiento de la Tina

La tina es enchaquetada, sus dimensiones son aptas para que el banano pueda sumergirse sin ningun problema en el chocolate, para esto tenemos que asegurarnos que la masa de chocolate liquido debe cumplir con las condiciones de temperatura para la elaboracion del producto, la tina se la estimo hacer de forma rectangular por su facil construccion lo cual hubieron algunos inconvenientes en el momento en que circulaba el agua caliente por el enchaquetado, por lo cual se le dio una forma cilindrica.

Las dimensiones que se le dieron a la tina enchaquetada se muestran en los siguientes planos Plano 3/1, Plano 3/2 y Plano 3/3, que se encuentran en el Apendice P.

Se hicieron los siguientes analisis para la tina enchaquetada que son respecto al agua a 55°C y del chocolate a 45°C, asi como tambien su medio de circulacion que son las tuberias donde sera conducida el agua y el chocolate, en el Apendice F se encuentra una posible selección del sistema de calentamiento del agua.

2.3.3.1 Balance de energia en el chocolate

Este balance de energia es referente a la tina para poder afirmar que la energia que se transfiere al chocolate es la necesaria para poderlo mantener a 45°C.

Se hizo este balance en base de la energia que el agua proporciona al chocolate, sabiendo que el chocolate tiene perdidas de calor con el ambiente y el producto, asi mismo el calor transferido pierde un minimo de energia con las paredes de la tina, todas las ecuaciones, factores son tomados del libro de Fundamentos de Transferencia de Calor de Witt, FrankP. Incropera David P, ciertos factores de a publicacion de Plank en el frio de la industria alimenticia y del Apendice A y Apendice G. (Witt, 1999) (PLANK, 2005)

La tina enchaquetada en la actualidad funciona optimamente en la elaboracion del producto, las medidas tomadas en los planos del apendice P nos da un volumen de 0.191m³ para la seccion que contiene al chocolate lo cual almacena una masa de chocolate liquido de 252kg liquido.

Donde.

$m_{CH} = 252 \text{ kg}$ liquido

La densidad del chocolate a 45°C es de $\rho_{ch} = 1320 \text{ kg/m}^3$ y su C_{pCH} = Calor específico del chocolate a $55^\circ\text{C} = 4.180 \text{ KJ/}^\circ\text{K.kg}$. Ver Apéndice A.

Según los planos en el Apéndice P el enchaquetado de la tina almacena un volumen de agua de $V_{AGUA} = 0.155 \text{ m}^3$.

Con este dato podemos obtener la masa de agua que el enchaquetado almacena:

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$m_{agua} = 155 \text{ kg}$

Para la energía debe cumplir lo siguiente:

$$[Q_{AGUA} - (Q_1 + Q_2 + Q_3)] \geq Q_{CH}$$

Donde:

Q_{AGUA} = Energía que transfiere el agua al chocolate en J

Q_{CH} = Energía que necesita el chocolate para alcanzar la temperatura deseada en J

Q_1 = pérdida de energía con las paredes del metal en J

Q_2 = pérdida de energía con el producto en J

Q_3 = pérdida de energía con el ambiente en J

C_{pCH} = calor específico del chocolate a ($40^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$) = $1.67 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{C}$, (PLANK, 2005)

Aplicando la ecuación (24) para calcular la energía:

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_0) \tag{24}$$

Donde:

T_f = temperatura final en $^\circ\text{C}$

T_0 = temperatura inicial en $^\circ\text{C}$

C_{pAGUA} = Calor específico del agua a 55°C = 4.180 KJ/°K.kg (ver Apendice A)

De donde sabemos que la temperatura a la que esta inicialmente el agua es de 55°C = 328°K y al dar la energía al chocolate su temperatura desciende a 35°C=308°K, lo cual sabemos que el chocolate ingresa con una temperatura de 40°C y debe estar a 45°C para que el producto sea sumergido, pasamos a aplicar la ecuación(25) para hallar la energía que el agua transfiere al sistema:

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{\text{Pagua}} \cdot (T_f - T_0) \quad (25)$$

Reemplazando valores en la ecuacion (25) obtenemos:

$$Q_{\text{agua}} = (155)(4.18)(308 - 328) = -12958\text{KJ}$$

El signo menos significa que entrega esa energía al chocolate de la cual se pierde 10% con el metal, 15% con el ambiente y 10% con la superficie del banano, aclarando que estos valores de perdidas de calor son empiricos para asegurar que la tina se encuentra a la temperatura deseada la cual esta controlada por medio de un sensor de temperatura que sensa cada vez que el chocolate empieza a bajar de temperatura hasta 40°C para hacer fluir el agua a 55°C en la chaqueta y de esta forma alcanzar la temperatura de 45°C.

Donde:

$$Q_1 = (0.1)(12958) = 1295.8\text{KJ}$$

$$Q_2 = (0.15)(12958) = 1943.7\text{KJ}$$

$$Q_3 = (0.1)(12958) = 1295.8\text{KJ}$$

Utilizando la ecuacion (26) hallamos la energía que necesita el chocolate para alcanzar la temperatura deseada:

$$Q_{\text{CH}} = m_{\text{CH}} \cdot C_{\text{PCH}} \cdot (T_f - T_0) \quad (26)$$

$$Q_{\text{CH}} = (252)(1.67)(45 - 40) = 2104.2\text{KJ}$$

Ahora reemplazamos los valores para ver si se cumple la expresion:

$$[Q_{\text{AGUA}} - (Q_1 + Q_2 + Q_3)] \geq Q_{\text{CH}}$$

$$[12958 - (1295.8 + 1943.7 + 1295.8)] \geq 2104.2\text{KJ}$$

8422.7KJ \geq 2104.2KJ

Lo cual vemos que se cumple la entrega suficiente de energía a la masa de chocolate para elevar su temperatura a 45°C, para mantener uniforme la temperatura en todos sus puntos se hace recircular el fluido por medio de una bomba de recirculación.

Aun si la variación fuera de 5°C en el agua, la energía que el agua le da al chocolate sería de 2105.7KJ lo cual satisface el sistema, sin embargo la medición de temperatura se la hizo empíricamente al colocar el sensor para controlar la temperatura del chocolate líquido.

2.3.3.2 Cálculo del espesor de las paredes de la tina

El diseño de forma de la tina encaquetada se encuentra en los planos 3-1; 3-2 y 3-3. Esta forma es la que mejor se adapta al sistema de sumersión del banano. La tina encaquetada trabaja sometida a la presión que ejerce el agua caliente que circula en su interior. A continuación se presenta el análisis realizado por medio del software de elemento finito versión académica de ANSYS 14.5.

En la siguiente figura 2-14 se presenta el modelo realizado en ANSYS con 10682 elementos, tipo SHELL 181, el cual es un elemento cascarón de 4 nodos.

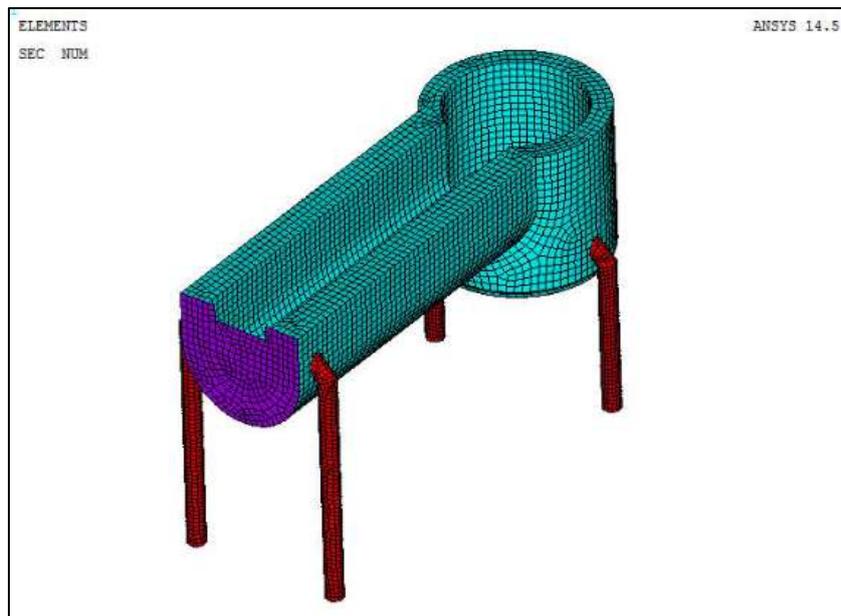


Figura 2-14. Mallado de Elemento Finito

Con un espesor de pared de 4mm y una presión de 10 Psi (69850 Pa) fueron los parámetros que se introdujeron en el modelo.

El esfuerzo de fluencia del acero inoxidable AISI 304 es de 310 MPa. Los resultados obtenidos arrojaron un factor de seguridad de 1.3 (310 MPa/ 235 MPa).

La figura 2-15, muestra el esfuerzo máximo de 235 MPa y el esfuerzo mínimo 169 KPa, ejercidos en las paredes de la tina.

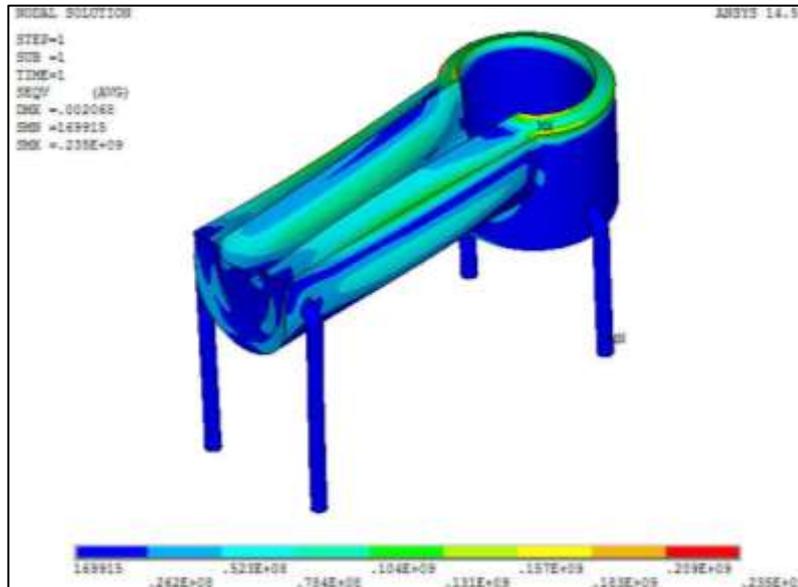


Figura 2-15. Esfuerzos en Paredes de Tina

2.3.3.3 Calculo de la presión en las paredes del enchaquetado de la tina.

En la figura 2-16 se determina que la presión máxima que se puede ejercer el fluido dentro de las paredes de las tinas es de 10 Psi. En la figura se muestra que el esfuerzo máximo producido por trabajar con la presión de 10 Psi nos provoca un esfuerzo máximo de 235 MPa producidos en el cambio de sección de la tina.

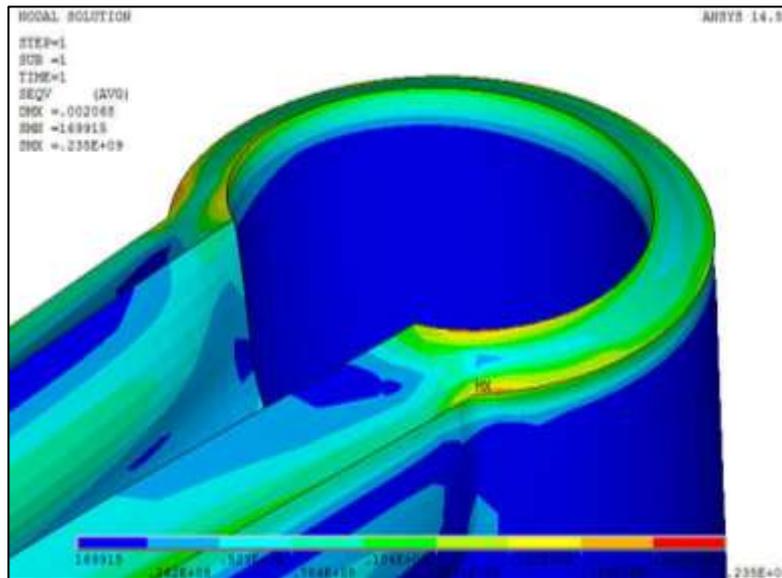


Figura 2-16. Esfuerzos Producidos en Cambio de Sección

2.3.3.4 Selección de Bomba de mando para el sistema trasiego de chocolate.

Para seleccionar las bombas que serán las encargadas de bombear el chocolate del tanque a la tina, todas las ecuaciones aplicadas para esta selección son tomadas del libro de Crane de Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías también tomaremos la metodología aplicada en una monografía técnica publicada en Perú bajo el tema de Tranvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana con cálculo del equipo de bombeo de una planta de chocolate publicada en el 2005. (Esquerre, 2005) (Arribasplata, 2005)

Para esto tendremos las siguientes condiciones de operación:

- El caudal a manejar durante todo el proceso es $1.002\text{m}^3/\text{h} = 4.4\text{ GPM}$
- La sustancia a trasegar es chocolate a $45\text{ }^\circ\text{C}$.
- Las bombas empleadas en la industria alimenticia para trasegar fluidos de alta viscosidad son las bombas lobulares.
- El régimen de flujo con el que se operará el sistema es el régimen de flujo Laminar.
- EL flujo se considera en estado estacionario o estable.
- Se considera que fluidos a manejar es incompresible.
- La sección transversal de los conductos se mantiene constante durante toda la línea de conducción del sistema.
- Perdidas por fricción despreciables, para secciones verticales de tubería.
- Análisis considerando que el chocolate en las condiciones del proceso se comporta como un fluido no newtoniano.

En la siguiente figura 2-14 se muestra el recorrido de las tuberías de alimentación y de recirculación del sistema.

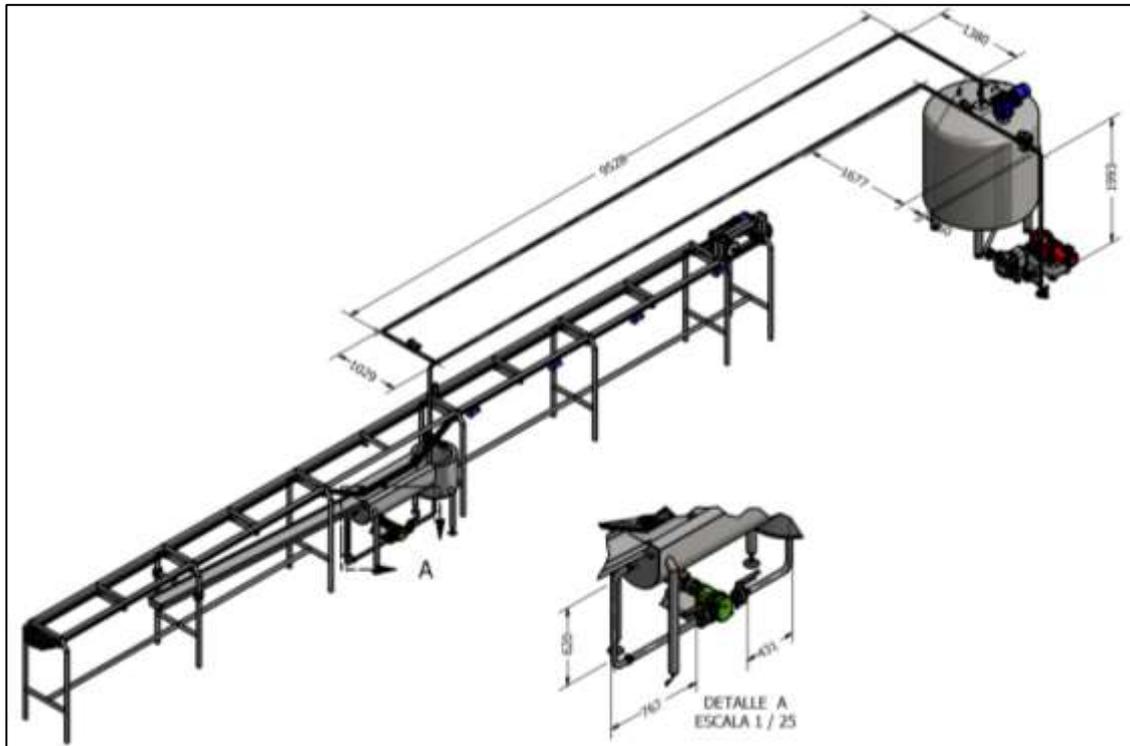


Figura 2-14. Recorrido de Tubería de Circulación de Chocolate

2.3.3.5 Cálculo de pérdidas en tramo recto de tuberías.

Aplicamos la ecuación (27) de Bernoulli, usando las condiciones para el diseño:

$$H_T = H_{BOMBA} = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_l \quad (27)$$

Para este análisis se ha colocado el numero 1 para la entrada y el numero 2 para la salida para los datos de entrada y de salida de la bomba, las longitudes de las tuberías con sus accesorios se muestran en la figura 2.14.

$A_2 = A_1 =$ area de la seccion transversal de la tubería

$V_2 =$ Velocidad de salida

$V_1 =$ Velocidad de entrada

$Z_1 = 0m =$ altura de entrada

$Z_2 = 1933mm = 1.933m =$ Altura de salida

Aplicamos la ecuacion () para hallar la presion en el tanque de almacenamiento de chocolate liquido.

$$P_1 = \rho_{ch} \cdot g \cdot H + P_0 \quad (28)$$

Donde:

H = Altura del tanque de almacenamiento en metros

$P_0 = 101325 \text{ Pa}$

P_1 = Presion de entrada

P_2 = Presion de salida

$P_2 = P_0$

Reemplazando los los valores en la ecuacion (28) obtenemos:

$$P_1 = \rho_{ch} \cdot g \cdot H + P_0 = (1320) \cdot (9.8) \cdot (1.545) + 101325 = 121311.12 \text{ Pa} = 121.31 \text{ KPa}$$

P_1 = Presion de entrada

P_2 = Presion de salida = P_0

Este tanque no esta presurizado, asi que dentro de el si hay presion atmosferica ya que es un anque de almacenamiento de chocolate que recibe el chocolate caliente.

Las velocidades son iguales ya que las tuberias son del mismo deiametro de 40mm o 0.04m

Donde h_l , son las pérdidas que se generan por fricción en el interior de las tuberías, estas se pueden hallar por medio de la ecuación de Darcy (29) y para la velocidad se aplica la ecuacion (30) a continuacion:

$$h_l = \frac{f L_t v^2}{2 \emptyset g} \quad (29)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (30)$$

Donde,

f=factor de fricción

L=longitud de tubería

v=velocidad de flujo del líquido;

\emptyset =diámetro de tubería

g=gravedad.

Se obtiene por medio de los planos en el Apendice P que la línea de conducción del fluido tiene en su conjunto total tiene una longitud de 25.392m metros, es decir:

$$L_t = 25392 \text{ mm} = 25.392 \text{ m},$$

Las propiedades del fluido se muestran a continuación:

Propiedades del Fluido.

Temperatura: 45 ± 5 °C

Viscosidad del producto: 574 centipoises

$n = 0.57$ = índice de comportamiento

$K =$ Viscosidad = 0.574 Pa.s

Densidad: 1320 kg/m³

Gravedad Específica: 1.32

$Q =$ Flujo Volumétrico Requerido = $1.002 \text{ m}^3/\text{h} = 2.783 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 4.4 \text{ GPM}$

Para el cálculo del número de Reynolds para un fluido no newtonianos como es el caso del chocolate en las condiciones expuestas anteriormente se tiene que :

$\emptyset = 1.58$ pulg. = 0.04 m

$\emptyset = D$

Aplicamos la ecuacion (31) para obtener el area transversal de ls tuberias:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (31)$$

Donde:

$\pi = 3.1416$

Reemplazando valores en las ecuaciones (30) y (31) obtenemos.

$$A = \frac{\pi * (0.04\text{m})^2}{4} = 1.26 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{2.783 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1.26 * 10^{-3} \text{ m}^2} = 0.22 \text{ m/s}$$

Aplicamos la ecuacion (32) para hallar el numero de Reynolds:

$$R_e = \frac{D^n * V^{2-n} * \rho}{K 8^{n-1} * \left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n} \quad (32)$$

Reemplazando valores en la ecuación (32) obetenemos:

$$R_e = \frac{(0.04 \text{ m})^{0.57} * (0.22 \text{ m/s})^{2-0.57} * 1320 \text{ kg/m}^3}{0.574 * 8^{(0.57-1)} * \left(\frac{3 * 0.57 + 1}{4 * 0.57}\right)^{0.57}}$$

$$R_e = 93.1$$

Aplicamos la ecuación (33) para hallar el número de Reynolds crítico:

$$R_{e\text{ crítico}} = \frac{6464 * n}{(1 + 3n)^2 * \left(\frac{1}{2+n}\right)^{\frac{(2+n)}{(1+n)}}} \quad (33)$$

Reemplazando valores en la ecuación (33) obtenemos:

$$R_{e\text{ crítico}} = \frac{6464 * 0.57}{(1 + 3 * 0.57)^2 * \left(\frac{1}{2+0.57}\right)^{\frac{(2+0.57)}{(1+0.57)}}}$$

$$R_{e\text{ crítico}} = 2352.20$$

Donde $R_e < R_{e\text{ crítico}}$, como el valor del número Reynolds es menor que el valor del número Reynolds crítico se considera que se está tratando con un flujo en régimen laminar.

Para fluidos No Newtonianos aplicamos la ecuación (34) a continuación:

$$f = \frac{16}{R_e} \quad (34)$$

Reemplazando valores en la ecuación (34) obtenemos:

$$f = \frac{16}{93.1} = 0.17$$

Por lo tanto el valor del coeficiente de fricción es de $f = 0.17$

La rugosidad relativa para el acero inoxidable es 0,0009.

Finalmente tenemos las pérdidas en un tramo total de la tubería del sistema reemplazando valores en la ecuación (29):

$$h_l = \frac{f L_t v^2}{2 \phi g} = \frac{(0.17)(25.392)(0.57)^2}{2(0.04)(9.8)} = 1.79m$$

$$h_l=1.79\text{m}$$

Como puede observarse el valor de carga hidráulica en el tramo total de tubería es muy bajo y esto se debe fundamentalmente a que el fluido es trasegado en un régimen de flujo laminar.

2.3.3.6 Cálculos de pérdidas por accesorios, pérdidas menores.

Las pérdidas por accesorios se pueden determinar mediante coeficientes de resistencia (K), propios de cada uno de estos, reescribiendo la ecuación de Darcy que se encuentra en el libro de Donald de Introducción a la mecánica de Fluidos tendrían la siguiente ecuación (Donald, 1995) :

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \tag{35}$$

Los coeficientes para una gran variedad de accesorios se encuentran reportados en las siguientes tablas: (Crane , 1992)

Tabla 6. Coeficiente de Resistencia K

Accesorios	Coeficiente de Resistencia (K)
Codo 90°	30*f

Donde el factor de fricción (f), es 0,17.

Una vez establecidos los coeficientes, elaboramos una tabla de los valores por unidad de las pérdidas de los accesorios del sistema, usamos la ecuación de Darcy, que se estableció para este diseño.

Tabla 7. Perdidas Menores en Accesorios

Accesorios	Coeficiente resistencia K
Codos 90°	5.1

Reemplazando valores en la ecuacion (35) obtenemos:

$$h_L = (5.1) \frac{0.22^2}{2(9.8)}$$

$$h_L = 0.013 \text{ m}$$

Ahora pasamos a calcular las pérdidas totales de la boma por tramo y accesorios de tubería, los accesorios solo corresponderían a cinco codos asumiendo la división en "T" como un codo más, estos accesorios se encuentran a lo largo de todo el tramo de la tubería, el nivel desde punto de succión al punto de descarga de la boma es de 1993mm=1.9m.

Aplicamos la ecuación (36) para hallar las pérdidas totales:

$$h_t = h_l + Mh_L \quad (36)$$

Donde:

M= números de codos

Reemplazando valores en la ecuación (36) obtenemos:

$$h_t = 1.79 + 5(0.013) = 1.855 \text{ m.}$$

aplicando la ecuación (37) hallamos la carga hidráulica de la bomba:

$$H_{BOMBA} = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_t \quad (37)$$

Reemplazando valores en la ecuación (37) obtenemos:

$$H_{Bomba} = 1.9 + \frac{121311.12}{1320 * 9.8} + \frac{(0.22^2)}{2 * 9.8} + 1.855$$

$$H_{Bomba} = 13.16 \text{ m}$$

Aplicamos la ecuación (38) para expresar la carga hidráulica de la bomba en unidades de presión PSI.

$$H_{Bomba} = H_{Bomba} * 1.42 * G.E \quad (38)$$

Donde:

G.E. =Es la Geavedad específica=1.32

El factor de conversión es 1.42 para presentar el valor en psi.

Reemplazando valores en la ecuación (38) obtenemos:

$$H_{Bomba} = (13.16)(1.42)(1.32) = 24.7 \text{ PSI}$$

Expresado en psi el valor de altura o carga de la bomba.

2.3.3.7 Selección de la bomba para transvase del chocolate

Dentro de la gama bombas y por lo ya antes mencionado sobre el efecto de la viscosidad en bombas centrífugas. Debemos escoger una bomba de desplazamiento positivo para esta aplicación.

Las bombas de desplazamiento positivo basan su funcionamiento en el principio de desplazamiento positivo, que consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara, En este caso el órgano transmisor de energía puede ser un embolo ó pistón, o un elemento rotatorio que por efecto de una cámara disminuye su volumen provocando el desplazamiento del fluido.

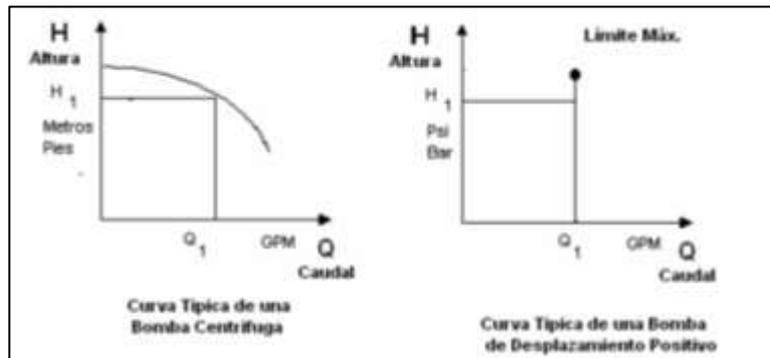


Figura 2-17. Comparación de Curvas

Los gráficos representados en la figura 2-16, es la comparación de curvas de rendimiento de capacidad vs. altura de una bomba centrífuga y de una bomba de desplazamiento positivo. Extraído de ALJOP S.A. – Curso de Bombas Para Uso Industrial.

La bomba de desplazamiento positivo seleccionada debe cumplir con la siguiente condición:

Los materiales de fabricación de todos los componentes de la bomba en contacto con el chocolate deben ser de grado sanitario y en ningún caso deben permitir contaminación del chocolate ya que este es para consumo humano.

Según Roper Pump Company la máxima velocidad (rpm) recomendada para la bomba en el bombeo de: Bitter Chocolate, es de 250 RPM. Esto para no variar las propiedades de sabor y evitar la decoloración, por lo tanto tomaremos este valor de velocidad máxima como referencia.

La bomba debe contar con chaquetas para permitir la circulación de agua caliente a través del estator de la bomba y así asegurar la fase fluida del chocolate dentro de la cámara de bombeo, mientras opere el equipo ó antes de iniciar nueva operación después de una parada, para esto hemos tomado las curvas de selección del fabricante waukesha que se puede encontrar en el Apéndice H y a continuación

presentamos la curvas para la selección, la línea roja va en función del caudal y la carga hidraulica en PSI. (waukesha)

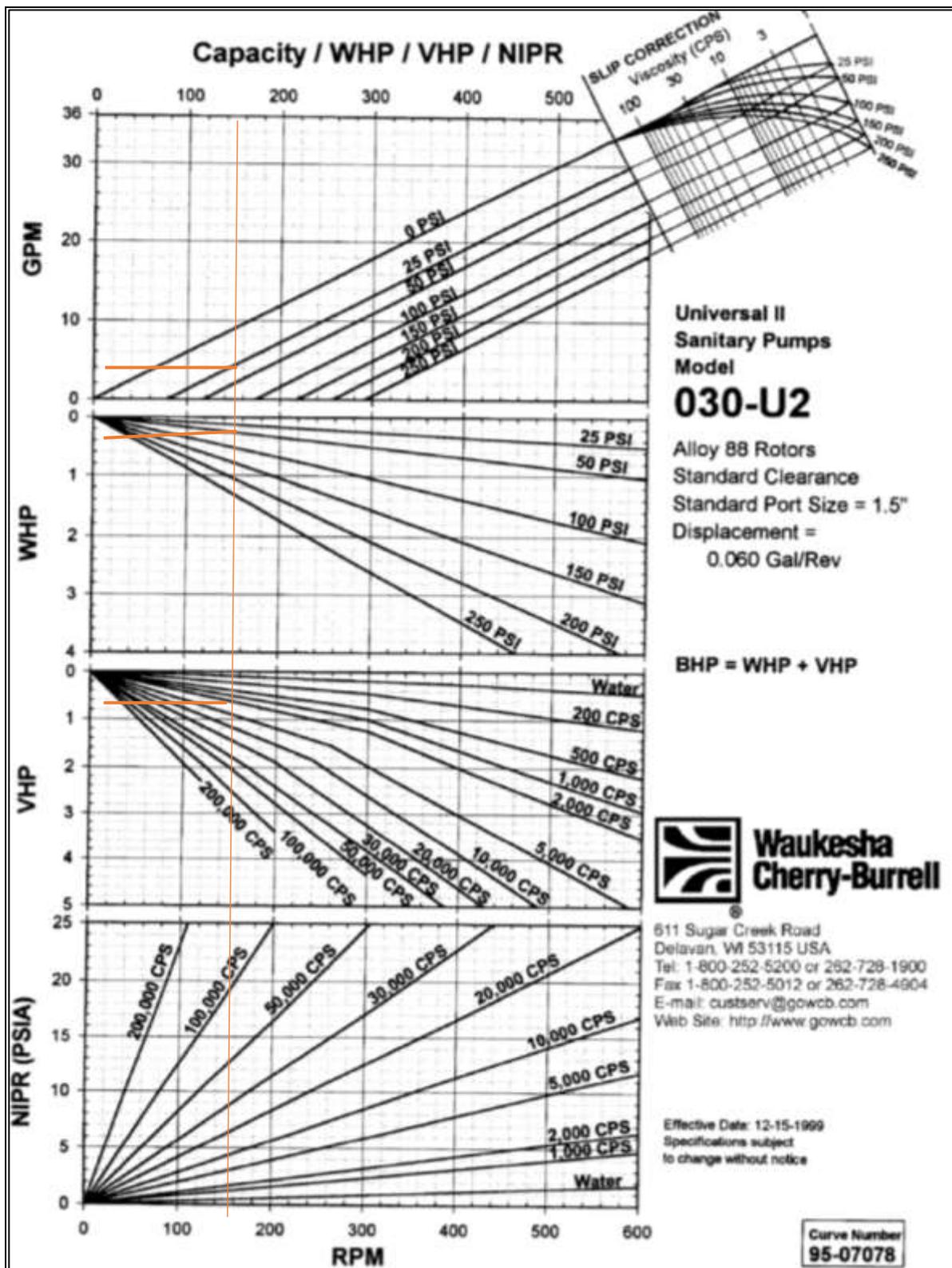


Figura 2-18. Curva de Bomba

2.3.3.8 Cálculo de la potencia requerida.

La potencia total necesaria en el eje de la bomba se definió según la curva del fabricante en la ecuación (39) siguiente:

$$HP = WHP + VHP \quad (39)$$

De la curva del Modelo 030-U2 se tiene los siguientes valores:

$$Q = 4.4 \text{ gpm}$$

$$P = 25 \text{ psi}$$

Viscosidad 574 centipoises

Velocidad 140 rpm

$$WHP = 0.40 \text{ y } VHP = 0.70$$

Reemplazando los valores en la ecuación (39) se obtiene:

$$HP = 0.30 + 0.80 = 1.10 \text{ HP}$$

Esta bomba tiene que ser de 1.1HP o su aproximado mayor y no cavitara ya que el NIPR de la curva es pequeño y por ende es menor que la presiones en el sistema de bombeo.

El modelo de bomba seleccionada es:

Bomba: Modelo WAUKESHA 030-U2

Entrando con el caudal de 4.4 GPM vemos que la velocidad correspondiente es de 140 rpm, el cual es un valor adecuado para el trasiego de este fluido ver Apendice H. Los diámetros de succión y descarga no coinciden con el diámetro de tuberías instalada, para solventar esta diferencia estructural es prudente como solución ingenieril conectar la bomba con tomas, que permitan el adecuado acople de la maquina de flujo con el sistema de ductos de la instalación.

2.3.3.9 Selección de bomba de recirculacion

Vamos a tomar parte la misma metodología de la bomba del tanque a la tina para poder calcular la bomba de recirculacion, se seleccionaria el mismo tipo de bomba con una potencia de 0.5 Hp ya que las perdías de carga seria por accesorios y friccion donde en accesorios solo habrian tres codos de 90° lo cual las longitudes de la tuberia serian muy pequeños, se manejaría el mismo caudal a la misma temperatura, con la velocidad ya mencionada en la bomba anterior lo cual la bomba para la recirculacion seria la siguiente.

Bomba seleccionada: Modelo WAUKESHA 030-U2.

Entrando con el caudal de 4.4 GPM vemos que la velocidad correspondiente es de 100 rpm, el cual es un valor de adecuado para el bombeo de este fluido.

Los materiales de fabricación de todos los componentes de la bomba en contacto con el chocolate son de grado sanitario y no permiten la contaminación del chocolate ya que este es para consumo humano. Por otra parte los diámetros de succión y descarga no coinciden con el diámetro de tuberías instaladas, para solventar esta diferencia estructural es prudente como solución ingenieril conectar la bomba con tomas, que permitan el adecuado acople de la máquina de flujo con el sistema de ductos de la instalación.

En la figura 2.17 con un caudal de 4.4GPM y 100 RPM nos daría una potencia de 0.5 HP como se mencionó antes, bajo las condiciones operacionales ya citadas para la bomba anterior.

2.3.3.10 Sistema eléctrico de máquina de chocobanano

El sistema eléctrico de la máquina de chocobanano está compuesto de los siguientes elementos:

a) Sistema de fuerza

b) Sistema de control

Sistema de Fuerza

El sistema eléctrico de fuerza está compuesto por los siguientes elementos:

- Fusibles.
- Breaker o disyuntor.
- Contactor.
- Relé térmico.
- Motor eléctrico trifásico de bomba de recirculación de chocolate.
- Luces piloto
- Botoneras
- Stop de emergencia

Este sistema es el que hace posible la recirculación del chocolate.

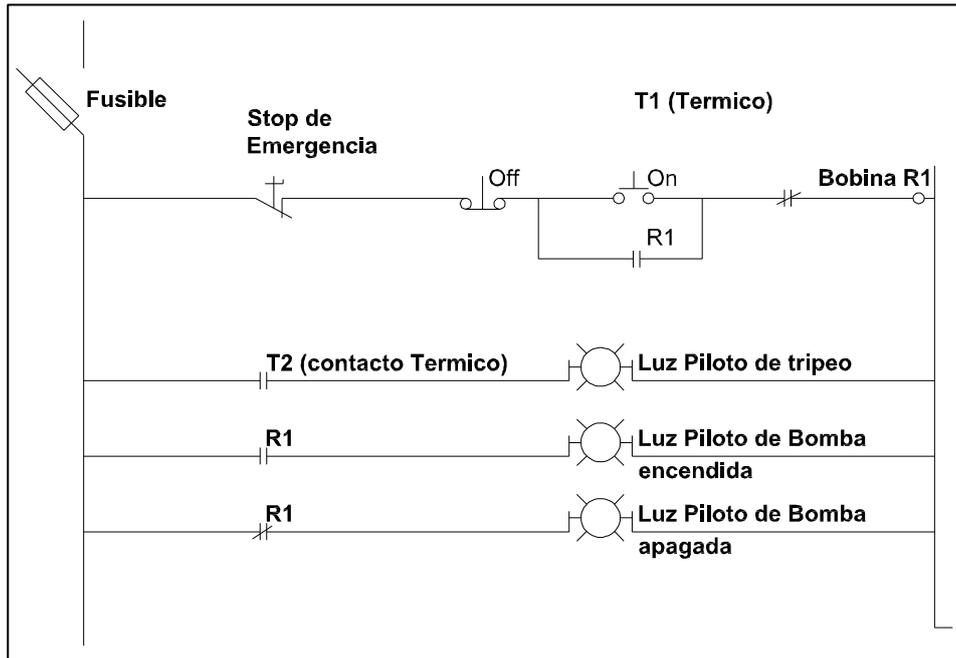


Figura 2-19. Diagrama Electrico

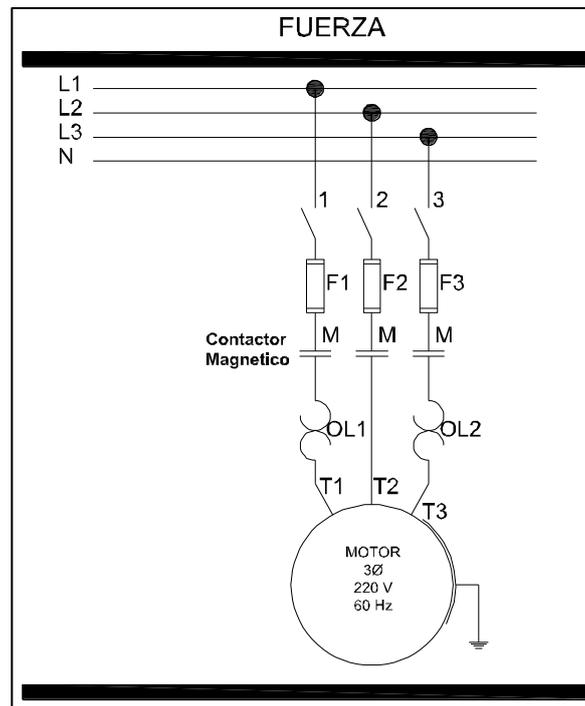


Figura 2-20. Diagrama de Fuerza Electrica

Sistema de control

A través de la tubería misma de recirculación de chocolate se colocara una valvula electroneumatica para controlar el nivel del mismo en la tina, y se usarn los siguientes elementos:

- Reles de control de once pines de 110 V.
- Sensores de nivel infrarojos.
- Solenoide de 110 V de valvula electroneumatica.

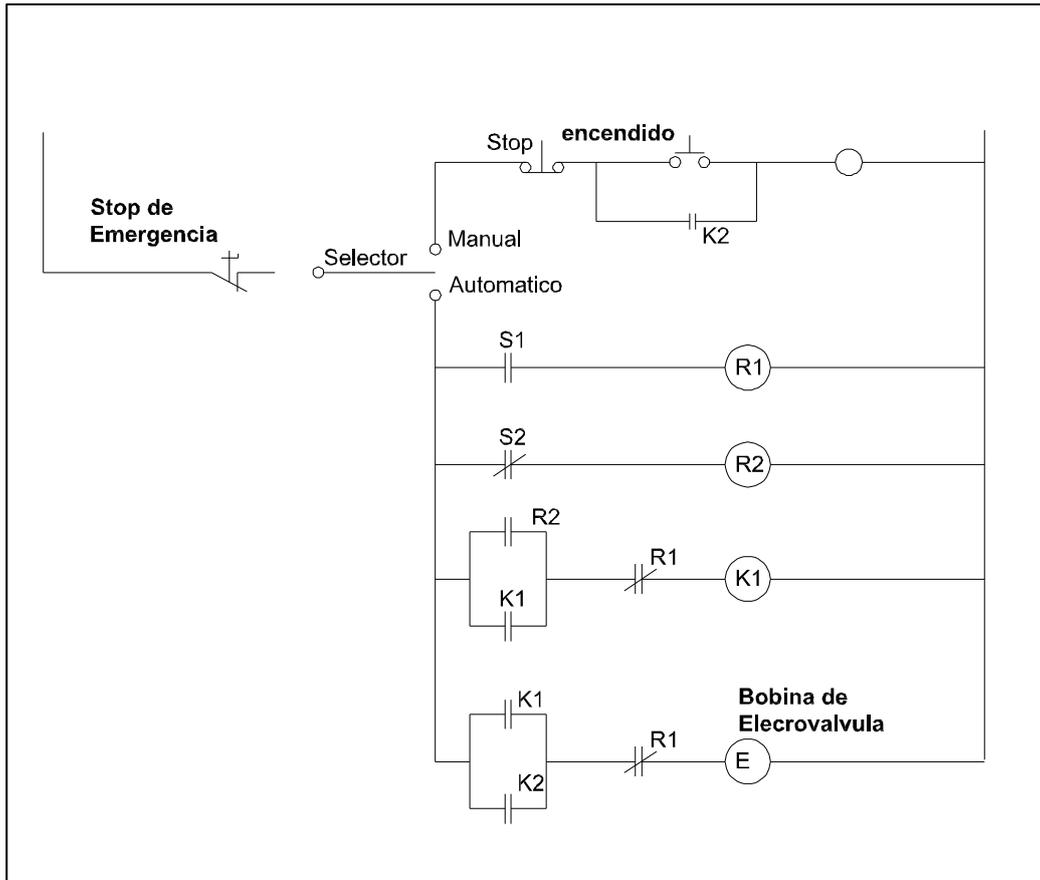


Figura 2-21. Diagrama de Control del Sistema Electrico

En la siguiente figura 2-21 se muestra un esquema de ubicación de los sensores de nivel en la tina encaquetada.

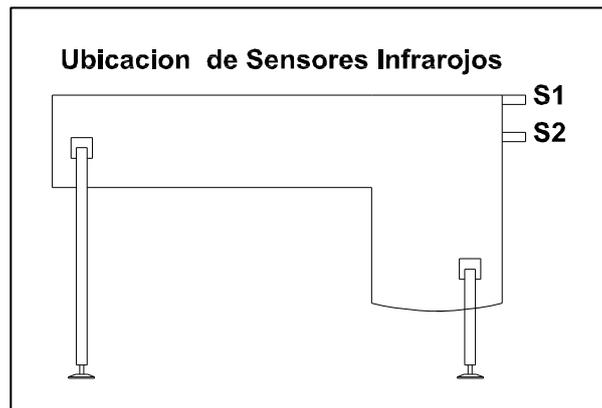


Figura 2-22. Sensores Infrarrojos en Tina

2.3.4 Diseño de la rampa de goteo

La rampa de goteo es necesaria ya que el producto al salir de la tina tiene un tiempo de goteo, experimentalmente por medio de observación fue de 2 a 3 segundos el tiempo de solidificación del chocolate, el cual también en otros estudios como el de la Ingeniera Gisella Perez en su tesis Mejora del temperado de Chocolate en la Industria Ecuatoriana nos dice que depende de cuanto chocolate se vaya a enfriar pero en este caso la masa de chocolate que va por cada guineo es de 12 gramos, lo cual es una muy pequeña y su tiempo de solidificación es sumamente rápido concordando con lo que empíricamente se comprobó que el tiempo es de 3 segundos de solidificación en cada banano. (PEREZ, 2006)

En la siguiente Figura 2-22 se muestra la rampa de recuperación de goteo de chocolate.

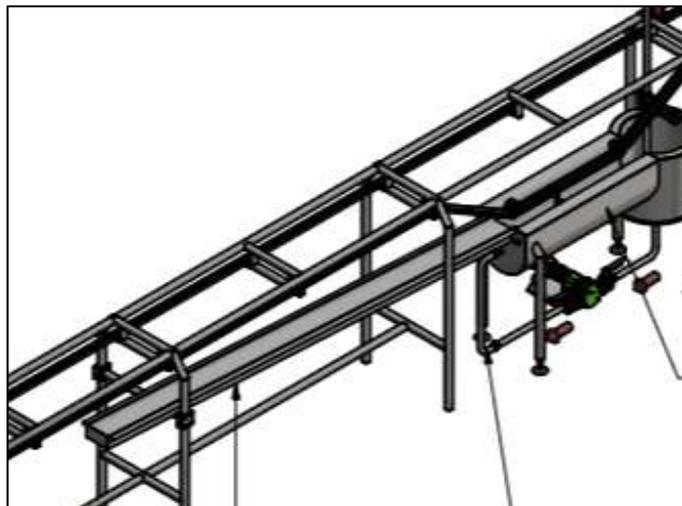


Figura 2-23. Rampa de Recuperación de Chocolate

Se diseñó la rampa para el goteo consistente en que sea encaquetada para que cuando caigan las gotas de chocolate puedan volver a la tina en forma líquida. El diseño de la rampa se encuentra en los planos de los apéndices.

Así que para esta rampa el tiempo de paso del guineo debería ser mayor a tres segundos, lo cual se lo verifico por medio de la ecuación(40):

$$t = e/v \quad (40)$$

Donde:

v= velocidad del guineo = 0.15m/s

e= espacio de recorrido del tramo horizontal de la rampa= 3690mm=3.69m

t=tiempo de rrecorrido del producto en segundos

reemplazando valores en la ecuación (40) obtenemos:

$$t = \frac{3.69}{0.15} = 24.6 \text{ segundos}$$

Donde este tiempo es mucho mayor que el requerido, por lo tanto es un buen elemento para el transportador, ya que esta rampa no permite ningun desperdicio del producto.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANALISIS DE COSTO

A continuación se presentara los resultados obtenidos de los cálculos realizados según la metodología escogida.

El análisis de costo que se presenta en este proyecto contiene todos los costos de la parte metalmecánica que contiene este sistema de sumersión de banano.

Hay que tomar en cuenta que este sistema de sumersión de banano es parte de un proyecto que se llevó acabo en una empresa alimenticia. Por tal motivo en el análisis de costo no se mencionara la compra de las bombas lobulares positivas con pre camera de calentamiento. La compra de estas bombas ya se lo hizo con anterioridad. Son bombas especiales que por lo general se la hace traer de importación. De igual manera sucede con el tanque enchaquetado de almacenamiento de chocolate.

3.1 Resultados

Resultados de análisis estático a la estructura el al riel de la cadena.

En la tabla 3 se presenta los resultados obtenidos al realizar el análisis estático a la estructura.

- ✓ En la tabla se observa que la deflexión máxima debido a la carga de que soporta la estructura es de 0.419mm, lo que indica que la estructura no fallará por flexión.
- ✓ En los cálculos obtenidos de llevar un modelo matemático del riel, que trabaja como una viga simplemente apoyada nos dio como resultado un factor de seguridad 107.3, lo que nos indica que no fallara por flexión.

Tabla 3. Resultados de Análisis Estático

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,419 mm
Fuerzas	Fx	-503,817 N	431,516 N
	Fy	-65,165 N	87,364 N
	Fz	-509,150 N	633,860 N
Momentos	Mx	-27185,190 N mm	29252,326 N mm
	My	-42177,688 N mm	67569,135 N mm
	Mz	-14072,329 N mm	13236,657 N mm
Tensiones normales	Smax	-1,740 MPa	15,962 MPa
	Smin	-16,129 MPa	0,499 MPa
	Smax(Mx)	-0,000 MPa	6,945 MPa
	Smin(Mx)	-6,945 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	16,042 MPa
	Smin(My)	-16,042 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-1,740 MPa	1,398 MPa
Tensión de corte	Tx	-2,599 MPa	3,046 MPa
	Ty	-0,526 MPa	0,392 MPa
Tensiones de torsión	T	-2,128 MPa	2,262 MPa

Resultados de la pinza de colgado

A continuación vemos la tabla que muestra los resultados de la pinza de colgado la cual se diseñó para el agarre del producto.

Tabla 8. Resultados de Pinza de Colgado Para Banano

PINZA DE COLGADO	
MATERIAL DEL RESORTE	ACERO INOXIDABLE ASTM 313
DIAMETRO DEL ALAMBRE DEL RESORTE	1/16 pulg
NUMERO DE VUELTAS DEL RESORTE	TRES VUELTAS DE ALAMBRE
MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DE LA PINZA DONDE VA EL ALAMBRE	ACERO INOXIDABLE AISI 304

Resultados del diseño del rodamiento de levantamiento

A continuacion veremos los diferentes elementos para el diseño del rodamiento que se coloco en la maquina, el cual actualmente funciona en optimas condiciones.

Tabla 9. Resultado de Selección de Cojinete para Rodillo anti levantmiento de Cadena

RODILLO ANTI LEVANTAMIENTO DE CADENA	
CARGA MAXIMA QUE PUEDE RESISTIR	12.8KN
REVOLUCIONES A QUE ESTA SOMETIDO ESTE COJINETE	250 REVOLUCIONES POR MINUTO O 250RPM.
CARGA QUE SOPORTA EL RODILLO	48N
TIEMPO DE VIDA	TIENE LARGA DURACION DE VIDA
CARGA MAXIMA QUE EL PERNO DEL COJINETE SOPORTA	2470 L _b f
CARGA QUE DE TRABAJO QUE SOPORTA EL PERNO	11L _b f
MATERIAL DEL PERNO	ACERO INOXIDABLE AISI 304
DIAMETRO DEL PERNO	0.5 Pulg
RODILLO QUE FUE SELECCIONADO	DOS RODAMIENTOS DE BOLA RÍGIDO DE NTN 6204.

Resultados del Motor seleccionado

En esta tabla veremos los resultados del calculo , y el motor seleccionado el cual como se muestra en la tabla hay cierto indice de error, actualmente el transportador trabaja con el motor de 2Hp sin ningun problema.

Tabla 10. Resultado de Motor y Reductor para Arrastre de Cadena

MOTOR REDUCTOR DE ARRASTRE DE LA CADENA.	
POTENCIA DEL MOTOR CALCULADA	1.8Hp
VELOCIDAD DE LA CADENA A MOVER	0.15m/s
POTENCIA DEL MOTOR OPERANDO	2Hp
ERROR DE POTENCIA	0.2Hp
REVOLUCIONES POR MINUTO	1750 RPM
ADAPTACION	SE LE ADAPTO UN MOTOR REDUCTOR
REVOLUCIONES POR MINUTO DEL EJE MOTRIZ DEL TRANSPORTADOR:	14RPM

Resultados de Tina Enchaquetada

Ahora veremos los resultados que sirvieron para la construcción de la tina enchaquetada la cual hubieron muchos ensayos para poder sacar empíricamente ciertos datos.

Tabla 11. Resultados de Tina Enchaquetada

TINA ENCHAQUETADA	
CALDERA SELECCIONADA PARA CALENTAR EL AGUA QUE PASA POR EL ENCHAQUETADO	E-10-STEPFIRE. ABARCA PEQUEÑA Y MODERADAS POTENCIAS CON QUEMADORES POR PASOS.
MATERIAL DE LA TINA	ACERO INOXIDABLE AISI 304
ESPESOR DE LAS PAREDES DE LA TINA Y DEL ENCHAQUETADO	4mm
VOLUMEN DEL CHOCOLATE EN LA TINA	0.191m ³
MASA DE CHOCOLATE DE LA TINA	252Kg
TEMPERATURA DEL CHOCOLATE	45°C
TEMPERATURA DEL AGUA DE CIRCULACIÓN EN EL ENCHAQUETADO	55°C
PRESIÓN DE TRABAJO DEL AGUA DE CIRCULACIÓN EN EL ENCHAQUETADO	10 PSI

Resultados de las bombas que se seleccionaron

Estas bombas se seleccionaron para el trasegado del chocolate, lo cual son bombas que trabajan especialmente diseñadas para productos alimenticios.

Tabla 12. Resultados de Bomba de Mando

BOMBA DE MANDO PARA EL SISTEMA TRASIEGO DE CHOCOLATE.	
CAUDAL A MANEJAR	4.4 GPM
SUSTANCIA A TRASEGAR	CHOCOLATE
TEMPERATURA DE LA SUSTANCIA	45°C
DIAMETRO DE LAS TUBERIAS DE CIRCULACION DEL CHOCOLATE	0.04 m
LONGITUD TOTAL DE LAS TUBERIAS	25.392m
POTENCIA CALCULADA DE LA BOMBA	1.1Hp
CARGA HIDRAULICA DE LA BOMBA	21.36PSI
VELOCIDAD	140RPM
BOMBA SELECCIONADA	MODELO WAUKESHA 030-U2

Tabla 13. Resultados de Bomba de Recirculación

BOMBA DE RECIRCULACIONEL DEL CHOCOLATE.	
CAUDAL A MANEJAR	4.4 GPM
SUSTANCIA A TRASEGAR	CHOCOLATE
TEMPERATURA DE LA SUSTANCIA	45°C
DIAMETRO DE LAS TUBERIAS DE CIRCULACION DEL CHOCLATE	0.04 m
VELOCIDAD	100RPM
BOMBA SELECCIONADA	MODELO WAUKESHA 030-U2
POTENCIA	0.5Hp

Resultado del sistema de control de nivel

Este control de nivel es para poder tener la seguridad que el producto quede totalmente bañado en chocolate y así de esta manera mejorar su calidad.

Tabla 14. Resultado de Sistema de Control de Nivel

SISTEMA DE CONTROL	
CONTROL DE NIVEL	SE SELECCIONO UN CONTROL DE AUTOMATIZACION INFRAROJO

3.2 Análisis de Costo

El análisis de costo que se presenta a continuación involucra costos de compra de materiales, de fabricación de los diferentes componentes, de movilización y montaje.

El sistema de sumersión (transportador más tina enchaquetada) fue construido físicamente en una empresa metalmecánica, por tanto los valores que se presenta no son costos estimados.

Los costos de las bombas lobulares de recirculación y de alimentación de la tina se presentan en un cuadro aparte, no se involucra con el costo total del proyecto, estos

costos corre gastos por parte del cliente. Como son bombas especiales son de importación.

El diagrama de Gantt que se presenta en la siguiente Tabla 15, servirá para sacar los costos de construcción de la máquina y del tiempo de implementación.

Como es de conocimiento un diagrama de Gantt sirve para llevar una secuencia y control de las diferentes tareas a realizar. Para este proyecto se procederá de la siguiente manera.

Diseño de sistema de Sumersión

- ✓ Compra de materiales
- ✓ Construcción de estructura de Acero Inoxidable
- ✓ Construcción de Tina Enchaquetada
- ✓ Construcción de Rampa Enchaquetada
- ✓ Construcción de Transmisión de Cadena
- ✓ Montaje de equipos en fábrica

En la Tabla 15, se muestra los periodos que se toma para construir o elaborar cada tarea. Los días laborales son considerados de jornadas de 8 horas diarias. El tiempo estimado en este diagrama de Gantt desde el diseño hasta en montaje de la maquina es de 7 semanas aproximadamente.

3.2.1 Costos de Materiales y de mano de obra.

A continuación se presenta las tablas de costo de materiales y de mano de obra por la construcción del sistema.

Tabla 16. Desglose de Costo de Diseño y Estructura

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 1.1	Diseño de sistema de sumersión		1750,00	\$ 1.750,00
C 2.1	Construcción de Estructura de Acero Inoxidable	1992,08	2490,00	\$ 4.482,08
C 2.1.1	14 Tubos cuadrados de acero inoxidable de 1-1/2" x 1.5mm	900,34		
C 2.1.2	Corte de tubos		240,00	
C 2.1.3	Armado de estructura		630,00	
C 2.1.4	Soldadura y limpieza de estructura		1050,00	
C 2.1.5	Rieles de cadena cardanica (1 plancha de acero inoxidable AISI 304 de 3mm de espesor)	250,89	120,00	
C 2.1.6	Doblado de Base del Motor (plancha inoxidable AISI 304 400x300 mm, espesor 8mm.	155,25		
C 2.1.7	Maquinado de curvas de retorno de nylon	551,80	320,00	
C 2.1.8	Corte de platina de nylon de	107,80		
C 2.1.9	Armado de rieles y colocacion de platina de nylon		130,00	
C 2.1.10	Colocacion de pernos de Nylon de 1/4" (130 unidades)	26,00		

Tabla 17. Desglose de Costo de Tina Enchaquetada

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 3.1	Construcción deTina enchaquetada.	1194,15	1950,60	\$ 3.144,75
C 3.1.1	Superficie externa de Tina (acero inoxidable AISI 304, espesor 4mm)	269,00		
C 3.1.2	Superficie interna de Tina (acero inoxidable AISI 304, espesor 4mm)	269,00		
C 3.1.3	Cuerpo externo tanque (acero inoxidable AISI 304, espesor 3mm)	122,00		
C 3.1.4	Tapa concava 600mm de diametro de tanque externo (acero inoxidable AISI 304, epesor 2mm)	80,00	160,3	
C 3.1.5	Cuerpo interno tanque (acero inoxidable AISI 304, espesor (3mm)	122,00		
C 3.1.6	Tapa concava 475mm de diametro de tanque interno (acero inoxidable AISI 304, epesor 2mm)	80,00	160,3	
C 3.1.7	Soportes de tubo sanitario de 2" de diametro en acero inoxidable AISI 304, espesor 2mm.(1 tubo)	142,15		
C 3.1.8	Tapa frontal de Tina inoxidable (Plancha de acero inoxidable AISI 304, espesor 3mm)	50,00		
C 3.1.9	Platillos Reguladores (4 unidades)	60,00		
C 3.1.10	Corte, rolado y dobaldo de material.		110,00	
C 3.1.11	Armado de tina enchaquetada y de soportes		840,00	
C 3.1.12	Soldadura y limpieza de tina		520,00	
C 3.1.13	Colocación de ingreso y salida de agua caliente		160,00	

Tabla 18. Desglose de Costo de Rampa Enchaquetada

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 4.1	Construcción de Rampa enchaquetada.	298,00	430,00	\$ 728,00
C 4.1.1	Superficie externa de rampa (acero inoxidable AISI 304, espesor 2mm)	190,00		
C 4.1.2	Superficie interna de rampa (acero inoxidable AISI 304, espesor 2mm)	100,00		
C 4.1.3	Tapa frontal de rampa enchaquetada	8,00		
C 4.1.4	Corte y plegado de material		110,00	
C 4.1.5	Armado de rampa enchaquetada		320,00	
C 4.1.6	Colocación de ingreso y salida de agua caliente		160,00	

Tabla 19. Desglose de Costo de Sistema de Transmisión

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 5.1	Construcción de transmisión de cadena	4466,90	1240,00	\$ 5.706,90
C 5.1.1	Motor reductor de sin fin y corana de 2Hp, de 1200 RPM, Ratio 40:1	1350,00		
C 5.1.2	Cadena cardanica 1701, color blanco	2445,00		
C 5.1.3	Piñon para cadena cardanica 1701, 13 dientes, diametro 8,22 pulgadas. Macizo. 2.5" pulgadas de diametro de manzana.	120,00		
C 5.1.4	Construcción de Pinzas para agarrar banano (130 unidades)	410,00	660,00	
C 5.1.5	Construcción de rodillos de regulación de tensión	76,50	80,00	
C 5.1.6	Construcción de rodillos anti levantamiento de cadena	65,40	80,00	
C 5.1.7	Alineación de motor y colocación de pernos de regulación de tensión y rodillos anti levantamiento.		210,00	
C 5.1.8	Pruebas arranque y correcciones		210,00	

Tabla 20. Desglose de Costo de Montaje

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 6.1	Montaje de equipo en fabrica	3986,56	4530,00	\$ 8.516,56
C 6.1.1	Traslado de todos los equipos materiales y herramientas	185,00		
C 6.1.2	Ubicación, Alineación y montaje en área de trabajo.		1380,00	
C 6.1.3	Corte y construcción de líneas de alimentación y recirculación de chocolate.		840,00	
C 6.1.4	Tubería sanitaria de 1-1/2" x 1,5mm de espesor (5 tubos)	520,00		
C 6.1.5	Tubería sanitaria de 3" x 1,5mm de espesor (5 tubos)	1175,00		
C 6.1.6	Clamp de 1-1/2" (12 unidades)	78,36		
C 6.1.7	Manguito de 1-1/2" (12 unidades)	41,40		
C 6.1.8	Sello para Manguito (12 unidades)	4,80		
C 6.1.9	Reduccion sanitaria de 3" @ 1-1/2"			
C 6.1.10	Valvula de paso rapido de 1-1/2" sanitaria (4 unidades)	182,00		
C 6.1.11	Conexión de mangueras y tuberías roscadas para recirculación de agua caliente en las chaquetas		560,00	
C 6.1.12	Instalacion electrica y de control del sistema	1800,00	1350,00	
C 6.1.13	Calibracion y pruebas		400,00	

Tabla 21. Desglose de costo de Consumibles

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 7.1	Consumibles	1213,00	0,00	\$ 1.213,00
C 7.1.1	3 Botellas de Argon 9 m3	600,00		
C 7.1.2	Disco de corte de 4-1/2" para acero inoxidable (40 unidades)	80,00		
C 7.1.3	Disco pulir de 4-1/2" para acero inoxidable (30 unidades)	150,00		
C 7.1.4	Media mascara para soldar (3 mascara)	120,00		
C 7.1.5	Guantes para soldar con Argon (9 pares)	153,00		
C 7.1.6	Guantes napa de maniobra (10 pares)	50,00		
C 7.1.7	Gafas de seguridad (10 unidades)	60,00		

En la siguiente tabla se presenta los costos resumidos de construcción del equipo.

Tabla 22. Resumen de Costos

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
C 1.1	Diseño de sistema de sumersión		1750,00	\$ 1.750,00
C 2.1	Construcción de Estructura de Acero Inoxidable	1992,08	2490,00	\$ 4.482,08
C 3.1	Construcción deTina enchaquetada.	1194,15	1950,60	\$ 3.144,75
C 4.1	Construcción de Rampa enchaquetada.	298,00	430,00	\$ 728,00
C 5.1	Construcción de transmision de cadena	4466,90	1240,00	\$ 5.706,90
C 6.1	Montaje de equipo en fabrica	3986,56	4530,00	\$ 8.516,56
C 7.1	Consumibles	1213,00	0,00	\$ 1.213,00
Sub Total				25541,29
IVA (12%)				3064,95
Gran Total				\$ 28.606,24

La tabla 23 presenta el costo de la adquisición de las bombas lobulares.

Tabla 23. Costos de Bombas Lobulares

ITEM	Descripción	Costo de Material (\$)	Costo de Mano de Obra (\$)	Total
	Bomba lobular positiva para recirculación, con impeler enchaquetado en material de acero inoxidable, conexión de succión de 1-1/2", conexión de descarga 1-1/2", con abrazaderas clamp. De un 2 hp de potencia. Gpm: 4.4 Presión: 25 PSI Velocidad de Trabajo: 140 RPM	\$ 16.678,58		\$ 16.678,58
	Bomba lobular positiva para recirculación, con impeler enchaquetado en material de acero inoxidable, conexión de succión de 1-1/2", conexión de descarga 1-1/2", con abrazaderas clamp. De un 1 hp de potencia. Gpm: 4.4 Presión: 25 PSI Velocidad de Trabajo: 100RPM	\$ 13.854,35		\$ 13.854,35
Total				\$ 30.532,93

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se buscó la mejor alternativa para el diseño del equipo requerido. Deseando cumplir ante todo con la producción establecida de 5200 U/h que se había establecido en un comienzo. Los equipos diseñados cumplen con la producción establecida. Pero la producción depende directamente de la rapidez del operario en colocar los bananos en la pinza, lo que creo una limitante en la producción. Con la corrida piloto que se realizó una vez entregada el equipo se determinó que una persona puede colocar un promedio de 50 bananos por minuto lo que nos da como resultado una producción de 3000 U/h. Esta parte seria el punto débil del sistema de sumersión. Quedando como trabajo futuro el rediseño de este proceso para mejorar la producción y hacerlo más automatizado donde no dependa directamente de la mano del hombre.

Con el diseño del transportador se obtuvo gran beneficio con respecto al espacio donde este trabajara. Se redujo a la mitad de lo que normalmente ocuparía, la longitud total del transportador es de 13m. Pero la longitud de trabajo que este ofrece es el doble de su longitud total. Esto se lo realizo mediante el diseño del recorrido de la cadena y mediante ayuda de dispositivos para evitar el levantamiento y descarrilamiento de la cadena. Unas de las complicaciones de este diseño fue la del cálculo de la potencia requerida para el arrastre de la cadena. Por lo general los tipos de transportadores que utiliza este tipo de cadena cardanica utilizan una potencia entre 0.5 y 1Hp. Se encontró una metodología de cálculo para poder determinar que la potencia requerida es de 2 Hp. Potencia suficiente para el arrastre en el arranque y en proceso del producto.

4.1 Conclusiones

1. Antes de todo hay que recalcar que este proyecto se llevó a cabo a escala de construcción real ya que es parte de un proyecto de una industria alimenticia. Por lo tanto se disponía de información y datos reales para los cálculos establecidos y para la validación de los resultados obtenidos.
2. Se diseñó el dispositivo de colgado de los bananos. Para esto se modificó el pin o pasador de la cadena utilizada (Uni 1701). La modificación consistió en alargar el pasador para poder incluirle una pinza que serviría para agarrar el banano por el palo que tiene introducido. El material utilizado para el pasador

3. fue del mismo material con el que vino la cadena. Barra de acero inoxidable AISI 304.
4. Se diseñó la tina de baño para el banano. Es del tipo enchaquetada con la particularidad que es abierta en la parte superior para poder dar paso al ingreso del banano. Un diseño que se integró a la tina, fue la colocación de una bomba de recirculación, para que de esta manera poder obligar al jarabe de chocolate a estar en constante movimiento y de esta manera poder mantener los rangos de temperatura de 43°C- 47°C. Cabe recalcar que la bomba es del tipo lobular positiva con pre cámara de calentamiento (enchaquetada) y que las tuberías son también enchaquetadas. Por lo tanto en la recirculación habrá un cambio de energía entre el jarabe y el agua de la chaqueta.
5. Para la recuperación del goteo del chocolate, se diseñó una rampa enchaquetada que obliga al goteo del chocolate no endurecerse y que retorne a la tina. El tiempo estimado del goteo del chocolate es de 3 seg, la rampa esta sobre dimensionada en longitud por motivo del diseño de la estructura del transportador, para de esta forma evitar colocar un soporte intermedio para la rampa.
6. El análisis estático de la estructural del transportador se lo realizo con la ayuda del software de Inventor, con se llevó a cabo el análisis estructural. Las cargas que la estructura soportara no son grandes por tal motivo el análisis realizado se obtuvo una deformación de 0.419mm. Un valor pequeño. Esto era de esperarse debido a que las cargas son pequeñas en comparación a la rigidez de la estructura.
7. Para la selección de las bombas debimos recordar que no podian tener mas de 250RPM ya que si sobrepasaban ese valor podria ser que las propiedades del chocolate cambiaran en su sabor y calidad.
8. En la demostracion de energia que transfiere el agua a la tina se hizo en base de datos experimentales, por lo cual es mas que suficiente para el optimo funcionamiento de la tina enchaquetada.
9. Para la selección de cojinetes y del perno se utilizo la fuerza radial por el levantamiento de la cadena en fncion de su peso y del banano, lo cual es una carga muy pequeña con la cual pueden resistir estos componentes, pr lo cual inclusive se podria duplicar la carga del producto.

10. Las paredes de la tina enchaquetada pueden soportar la presión de 10PSI, por esta razón es que se le dio la forma cilíndrica a la chaqueta para que no haya aumento de presión en ninguno de sus puntos.

4.2 Recomendaciones

1. Como recomendación se podría hacer un rediseño para automatizar el agarre del banano.
2. Se usó para el automatizado del control de nivel de la tina un sistema de infrarojo el cual es óptimo para estas condiciones de trabajo, hay que saberlo colocar para que no haya problema con la activación de la válvula.
3. Este mismo modelo de transportador y tina enchaquetada podría ser utilizado para la elaboración de otros productos similares en condiciones diferentes.
4. Se pueden colocar dos bombas de mando para que la producción no se vea afectada en caso de que una de las bombas falle.
5. Se debería colocar dos bombas de recirculación para que el producto no se vea afectado en su calidad en caso de que la bomba principal falle, por lo tanto habría que diseñar un sistema de automatización para el encendido de las bombas.
6. En caso de que no se quiera utilizar una bomba de recirculación, se podría colocar un agitador que tenga en constante movimiento al chocolate.

BIBLIOGRAFÍA

- Arribasplata, W. E. (2005). TESIS. *Tranvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana*. LIMA, PERU, PERU-LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- BUDYNAS, R. G. (2008). *DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA DE SHIGLEY OCTAVA EDICION (CAPITULO 10)*. Mc Graw Hill.
- CADERSA. (2005). *CALCULO, CADENAS TRANSPORTADORAS DE POTENCIA Y TRACCION . SELECCION*. Recuperado el 15 de junio de 2015, de *CALCULO, CADENAS TRANSPORTADORAS DE POTENCIA Y TRACCION . SELECCION*: <http://www.cadersa.es/Pag93.htm>
- Clayton Worldwide. (2010). *Calderas de Vapor Clayton*. Recuperado el 09 de 07 de 2015, de *Calderas de Vapor Clayton*: <http://www.clayton.es>
- Crane . (1992). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías- segunda edicion*. Mexixo: Editorial McGraw Hill.
- Donald, R. W.–A. (1995). *Introducción a la mecánica de Fluidos*. Editorial McGraw-Hill.
- Esquerre, W. (JUNIO de 2005). *Tranvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana cálculo del equipo de bombeo de una planta de chocolate. MONOGRAFÍA TÉCNICA*. LIMA, PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Fouriel, J. (1978). *The Analitical Theory of Heat*. New York, USA: Dover publications Ins.
- GUZMAN, A. P. (2013). *SLIDE SHARE*. Recuperado el 2015, de *SLIDE SHARE*: <http://es.slideshare.net/RobertoNeetzel/92620210-calculopotencia>
- Holman, J. P. (1972). *Transferencia de calor segunda edicción*. New York: Mc Graw Hill.

- Inter Systems. (2010). *Manual del Transportador, Seguridad, Instalacion, funcionamiento, Mantenimiento*. Inter Systems.
- Karlekar, & Desmond. (1985). *Transferencia de Calor Segunda Edición*. Mexico: Universidad Interamericana.
- Maskow, T., & Babel, W. (2003). *Descripción termocinético de crecimiento anaeróbico de halodenitrificans Halomonas utilizando una técnica de ampolla microcalorimétricas estático*. J Biotechnol.
- Moreno, J., Ocampo, J., & Giraldo, L. (s.f.). *Simulacion de una selda calorimetrica mediante elemento finitos*. Bogota, Colombia: Universidad de los Andes .
- NTN, F. (2005). *CATALOGO DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS*. Recuperado el 2 de JULIO de 2015, de CATALOGO DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS: http://www.balisacr.com/catalogos/01_CATALOGO_NTN_GENERAL.pdf
- PEREZ, G. A. (2006). *MEJORA EN EL PROCESO DE TEMPERADO DEL CHOCOLATE EN UNA INDUSTRIA ECUATORIANA*. GUAYAQUIL.
- PLANK, R. (2005). *EL EMPLEO DEL FRIO EN LA INDUSTRIA DE LA ALIMENTACION*. ESPAÑA: REVERTE.
- SINGER, A. P. (2000). *RESISTENCIA DE MATERIALES, CUARTA EDICION*. Mc Graw Hill.
- UNI-CHAIN. (20 de ENERO de 2014). *CADENAS*. Recuperado el 20 DE MAYO de MAYO de 2015, de CADENAS: <http://www.todobandas.com/portal/docs/Catalogo%20Cadenas%20UNI%20CHAINS%20NEW.pdf>
- Valencia, E. (1990). *Macro Elelmento Dinamico en Transferencia de Calor*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- waukesha, C.-B. L. (s.f.). *waukesha-cherry-burrell*. Obtenido de waukesha-cherry-burrell: <http://www.spx.com/en/waukesha-cherry-burrell/pd-wcb-pd-pumps-universal-2/>
- Witt, F. I. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor, cuarta edicion*. Editorial McGraw-Hill.

Zienkiewicz, O., & Taylor, R. (1989). The Finite Element Method. En O. C. Zienkiewicz, & R. Taylor, *The Finite Element Method* (págs. Cuarta Edición Volumen I 206-287). New York, USA: M Graw Hill .

APENDICES

APENDICE A
PROPIEDADES TERMICAS DEL CALOR ESPECIFICO DEL
AGUA

Tabla 24. Calor Especifico del Agua

Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico	
	$\frac{\text{kJ}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$		$\frac{\text{kJ}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$		$\frac{\text{kJ}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{K}\cdot\text{kg}}$
0 (hielo)	1,980	0,468	34	4,178	0,999	68	4,189	1,001
0	4,217	1,008	35	4,178	0,999	69	4,189	1,001
1	4,213	1,007	36	4,178	0,999	70	4,190	1,001
2	4,210	1,006	37	4,178	0,999	71	4,190	1,001
3	4,207	1,005	38	4,178	0,999	72	4,191	1,002
4	4,205	1,005	39	4,179	0,999	73	4,192	1,002
5	4,202	1,004	40	4,179	0,999	74	4,192	1,002
6	4,200	1,004	41	4,179	0,999	75	4,193	1,002
7	4,198	1,003	42	4,179	0,999	76	4,194	1,002
8	4,196	1,003	43	4,179	0,999	77	4,194	1,002
9	4,194	1,002	44	4,179	0,999	78	4,195	1,003
10	4,192	1,002	45	4,180	0,999	79	4,196	1,003
11	4,191	1,002	46	4,180	0,999	80	4,196	1,003
12	4,189	1,001	47	4,180	0,999	81	4,197	1,003
13	4,188	1,001	48	4,180	0,999	82	4,198	1,003
14	4,187	1,001	49	4,181	0,999	83	4,199	1,004
15	4,186	1,000	50	4,181	0,999	84	4,200	1,004
16	4,185	1,000	51	4,181	0,999	85	4,200	1,004
17	4,184	1,000	52	4,182	1,000	86	4,201	1,004
18	4,183	1,000	53	4,182	1,000	87	4,202	1,004
19	4,182	1,000	54	4,182	1,000	88	4,203	1,005
20	4,182	1,000	55	4,183	1,000	89	4,204	1,005
21	4,181	0,999	56	4,183	1,000	90	4,205	1,005
22	4,181	0,999	57	4,183	1,000	91	4,206	1,005
23	4,180	0,999	58	4,184	1,000	92	4,207	1,005
24	4,180	0,999	59	4,184	1,000	93	4,208	1,006
25	4,180	0,999	60	4,185	1,000	94	4,209	1,006
26	4,179	0,999	61	4,185	1,000	95	4,210	1,006
27	4,179	0,999	62	4,186	1,000	96	4,211	1,006
28	4,179	0,999	63	4,186	1,000	97	4,212	1,007
29	4,179	0,999	64	4,187	1,001	98	4,213	1,007
30	4,178	0,999	65	4,187	1,001	99	4,214	1,007
31	4,178	0,999	66	4,188	1,001	100	4,216	1,008
32	4,178	0,999	67	4,188	1,001	100 (gas)	2,080	0,497
33	4,178	0,999						

APENDICE B
PROPIEDADES DEL ACERO AISI304

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. **Descripción:** éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. **Normas involucradas:** ASTM A 276

3. **Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia: 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima: 520 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. **Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. **Propiedades químicas:** 0.08 % C máx
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. **Usos:** sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. **Tratamientos térmicos:** éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, calienta entre 1010 y 1120°C y enfría rápidamente.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores definitivamente exactos para su uso en el diseño.

Figura B-1. Propiedades del Acero Inoxidable AISI 304

APENDICE C
CATALOGO NTN

3. Capacidad de Carga y Vida

3.1 Vida del rodamiento

Aún en rodamientos que operan bajo condiciones normales, las superficies de las pistas y los elementos rodantes están constantemente sometidos a esfuerzos compresivos repetitivos que causan descascarillado de las superficies en cuestión. Esto descascarillado es producto de la fatiga del metal y causa la falla del rodamiento. La vida efectiva o útil de los rodamientos, se define usualmente en términos del número total de revoluciones, que un rodamiento puede ejecutar antes de que se presente el descascarillado de las pistas o de los elementos rodantes.

Otras causas de fallas en los rodamientos, son atribuibles a problemas tales como atascamiento, abrasiones, fracturas, astillamiento, desgaste, óxido, etc. Sin embargo, estas así llamadas causas de fallas en rodamientos, son usualmente consecuencia de una mala instalación, lubricación inapropiada o insuficiente, defectos en el sellado o inadecuada selección del rodamiento. Si consideramos que las causas de falla antes descritas, pueden ser evitadas tomando las debidas precauciones y no son simplemente causadas por la fatiga del material, las mismas son tratadas aparte del descascarillado.

3.2 Vida nominal básica y capacidad básica de carga dinámica.

Un grupo de rodamientos operativamente idénticos, sometidos a cargas y condiciones de operación idénticas, tendrán un amplio rango de durabilidad.

Esta diferencia en la "vida" puede ser explicada por la diferencia en la resistencia a la fatiga del material de los rodamientos propiamente. Esta diferencia es considerada estadísticamente al calcular la vida de los rodamientos, por lo que la vida nominal básica se define a continuación.

La vida nominal básica se basa en un modelo estadístico al 90%, que se expresa como el número total de revoluciones que el 90% de los rodamientos de un grupo idéntico, sometidos a iguales condiciones de operación, alcanzarán o sobrepasarán antes de que ocurra el descascarillado por fatiga del metal. Para rodamientos trabajando a velocidad constante, la vida nominal básica (90% de confiabilidad) se expresa como el número total de horas de operación.

La capacidad básica de carga dinámica muestra la capacidad de un rodamiento de soportar carga dinámica. Dicha capacidad expresa la carga constante que un rodamiento puede soportar por un periodo de 1 millón de revoluciones. La misma se expresa como carga radial pura para los rodamientos radiales y carga axial pura para los rodamientos axiales. Son indicadas como "capacidad básica de carga dinámica (C)" y "capacidad básica de carga dinámica axial (Ca)". Las capacidades básicas de carga dadas en las tablas de rodamientos de este catálogo, son para rodamientos fabricados con materiales estándar NTN, utilizando técnicas de manufactura normales de NTN.

La relación entre la vida nominal básica, la capacidad básica de carga dinámica y la carga aplicada al rodamiento, se da en las siguientes ecuaciones.

$$\text{Para rodamientos de bolas: } L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{Para rodamientos de rodillos: } L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \dots\dots\dots (3.2)$$

donde,

- L_{10} : vida nominal básica 10^6 revoluciones
- C : capacidad básica de carga dinámica, N (kgf)
 - (C_r : para rodamientos radiales,
 - C_a : para rodamientos axiales)
- P : Carga dinámica equivalente, N (kgf)
 - (P_r : para rodamientos radiales,
 - P_a : para rodamientos axiales)
- n : Velocidad de rotación, r.p.m.

La relación entre la velocidad de rotación n y el factor de velocidad f_v , al igual que la relación entre la vida nominal básica L_{10} y el factor de vida f_L , se muestra en la Tabla 3.1 y la Fig. 3.1

Tabla 3.1 Correlación de la vida nominal básica del rodamiento, factor de vida y factor de velocidad

Clasificación	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Vida nominal básica L_{10} (h)	$\frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^3 = 500 f_v^3$	$\frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} = 500 f_v^{10/3}$
Factor de vida f_L	$f_L \frac{C}{P}$	$f_L \frac{C}{P}$
Factor de velocidad f_v	$\left(\frac{33.3}{n}\right)^{1/3}$	$\left(\frac{33.3}{n}\right)^{3/10}$

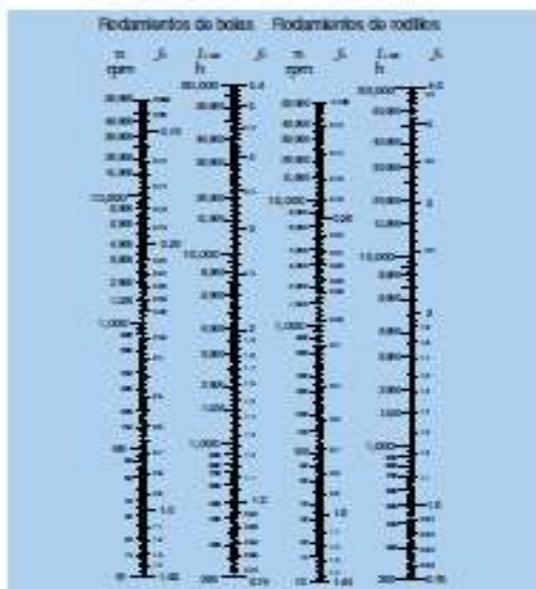
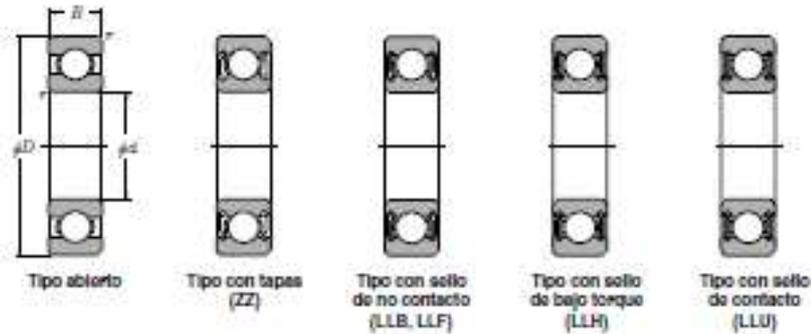


Fig. 3.1 Escala para el cálculo de la vida nominal básica de los rodamientos

Figura C-1. Capacidad de Carga y Vida

Tabla 25. Rodamiento de Bola

● Rodamientos Rígidos de Bolas



d 10 ~ 20mm

d	Dimensiones principales				Capacidad básica de carga				Factor dinámico	Velocidades límites				Números de rodamientos					
	D	B	r _{max} ¹⁾	r _{min}	dinámica		estática			grasa	con sello		LLH	LLU	tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
					C _r	C _{0r}	C _r	C _{0r}			ZZ	LLB							
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—	
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU	
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	—	6900	ZZ	LLB	—	LLU	
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6900	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	19 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU	
35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	635	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU		
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—	
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU	
	24	6	0.3	0.3	2.80	1.46	295	140	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	68001	—	—	—	—	
	28	8	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6901	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	630	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU	
37	12	1	0.5	9.70	4.20	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU		
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	98	59	16.5	8 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—	
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	19 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU	
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	68002	—	—	—	—	
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6902	ZZ	LLB	LLH	LLU	
35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU		
42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU		
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—	
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	140	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU	
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU	
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	68003	—	—	—	—	
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	18 000	14 000	6903	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU	
47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU		
62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—		
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—	
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU	
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU	
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	68004	—	—	—	—	
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6904	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	660	13.2	16 000	19 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU	
52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU		

1) Dimensión mínima permitida para el chalfón r.

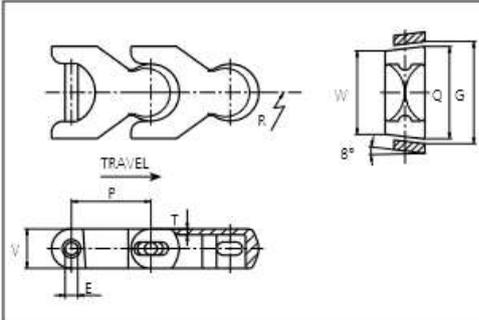
APENDICE D
CATALOGO DE CADENA

uni Flex Plastic Chain



Series **uni 1701** Type -





uni Flex Plastic Chain
 Side flexing chain
 Pitch: 50.0 mm (1.97 in)
 Backflex radius: 75.0 mm (3.00 in)
 Permissible tensile strength:
 POM material 4000 N (899 lbf)
 Delivery: 6.1 m (20.0 ft)
 No. of links/box: 122

STANDARD

E		G (curve)		G (straight)		P		Q		T		V	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
8.0	0.31	60.0	2.37	62.0	2.44	50.0	1.97	58.4	2.30	3.9	0.15	25.0	0.98

All dimensions are for chains in POM material.

Width (W)		Material & color	Pin material	Weight		Min. radius (R)	
mm	in			kg/m	lb/ft	mm	in
52.4	2.06	POM-D W POM-D G POM-LF BR	SS304	1.5	1.01	150.0	5.91

Non standard material and color: See uni Material and Color Overview.
 Non standard pin material: See uni Material and Color Overview.

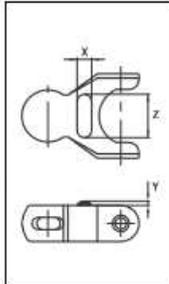
Accessories

Rubber Top



When ordering, please state the required distance between the Rubber Top.

Other Non Standard rubber profiles:
 See uni Rubber Profile Overview



Link material	Rubber material	X		Z		Y	
		mm	in	mm	in	mm	in
POM-D W	05 I	10.0	0.39	30.0	1.18	3.0	0.12

PITCH 50.0 MM/1.97 IN

Figura D-1. Especificación de Cadena

Sprocket

No of teeth	Pitch diameter		Overall-diameter		Min. ø bore		Max. ø bore		Hub-diameter		A-dimension		B-dimension		Molded PA66 LG	Molded Cast Iron	Machined PA66	Machined SS304
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in				
Z8	130.7	5.14	133.0	5.20	20.00	0.80	40.00	1.60	63.00	2.50	47.90	1.90	82.40	3.20	x	x	x	x
Z10	161.8	6.37	166.1	6.50	20.00	0.80	40.00	1.60	63.00	2.50	64.50	2.50	97.30	3.80	x	x	x	x
Z12	193.2	7.61	196.0	7.70	20.00	0.80	40.00	1.60	63.00	2.50	80.80	3.20	112.40	4.40	x	x	x	
Z13	208.9	8.22	214.0	8.40	20.00	0.80	40.00	1.60	63.00	2.50	88.90	3.50	120.10	4.70	x	x	x	

Molded sprocket



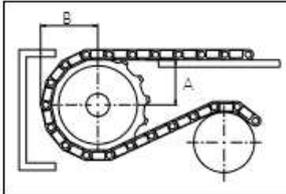
Cast iron sprocket



Machined sprocket



Non standard material and color:
See uni Material and Color Overview.



Please ensure that sufficient size shaft and keyway are chosen for corresponding load.

Other sprocket sizes are available upon request
Width of tooth: 15.8 mm/0.62 in
Width of sprocket: 42.3 mm/1.67 in
uni Retainer Rings: See uni Retainer Ring data sheet
uni Idler: See uni Idler data sheet

Figura D-2. Especificación de Sprocket

APENDICE E
SELECCIÓN DE LA CALDERA DEL SISTEMA DE
CALENTAMIENTO DE AGUA PARA EL CHOCOLATE

ANALISIS Y CALCULOS PARA EL DISEÑO DEL EQUIPO

Selección del sistema de calentamiento tanque de pre-enjuague.

El agua dentro de la tina debe estar a una temperatura de 55°C, y el chocolate debe estar a 45 °C, para lograr estos valores de temperatura se procede al diseño y selección de los equipos de calentamiento, todas las ecuaciones y factores son tomadas del libro de Witt, FrankP. Incropera David P. (Witt, 1999).

Cantidad de agua caliente para el sistema de calentamiento del chocolate.

El volumen a manejar dentro de la caldera sera de 2.8m³.

Volume: 2.8 m³

$$Q_T = Q_{Agua} \quad (1)$$

Dónde:

Q_T – Caudal Total

Q_{Agua} - Caudal del agua caliente.

Sustituyendo en la ecuación1 obtenemos que:

$$Q_T = 6.48 \text{ GPM}$$

La temperatura de entrada y salida a los calentadores puede variar ya que en un sistema de este tipo debe existir recirculación. El valor mínimo es aproximadamente de 21°C por ser la temperatura ambiente (Witt, 1999).

La temperatura de salida de los calentadores puede alcanzar 55°C para el agua y 80°C para la entrada de agua caliente.

Como el flujo a satisfacer en el sistema de agua caliente de calentamiento del chocolate es de 6.48 GPM, el calentador debe operar con una temperatura de entrada del agua de 21°C y con vapor a presión aproximadamente a los 860 KPa.

La selección de los calentadores se realizara bajo el criterio de que tuviera un flujo de 6.48GPM.

Selección de los generadores de vapor.

Factores que se deben considerar para la selección de las calderas.

Capacidad de la caldera no es más que los Kg/s a una determinada presión que

puede entregar, para estos se tiene que realizar un balance térmico en los calentadores de agua y el sistema de calentamiento del producto (Witt, 1999).

La cantidad de energía necesaria para calentar el agua desde 21°C hasta la deseada se calcula por la siguiente ecuación:

$$Q = \rho * Q_{Agua} * C_p * (T_{salida} - T_{entrada}) \quad (2)$$

Dónde:

Q - Calor sensible transferido.

Q_{Agua} - Caudal volumétrico del calentador de agua.

ρ -Densidad del agua.

C_p - Calor específico del agua.

T_{salida} - Temperatura de salida.

$T_{entrada}$ -Temperatura de entrada.

Datos:

$$\rho = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3 \quad C_p = 4.179 \text{ KJ}/\text{Kg } 0C \quad Q = 6.48 \text{ GPM}$$

Sustituyendo en la ecuación (2):

$$Q = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3 * 0.000491 \text{ m}^3/\text{s} * 4.179 \text{ KJ}/\text{Kg } 0C (55 - 21)$$

$$Q = 69.77 \text{ kW}$$

Estando los equipos correctamente aislados, se asume un 10 % de pérdida el valor total de la energía se debe multiplicar por 1.1 quedando como resultado 76.75 kW; 7.82 BHP.

Asumiendo que el vapor a los calentadores entra en estado saturado y sale completamente condensado, se determina la capacidad de las calderas según su presión de operación y caudal másico de vapor.

Condición:

La presión en las calderas \geq Calentadores

Por esta condición la presión con la que trabajará la caldera será de 930 KPa

El caudal másico de vapor se calcula:

$$m = \frac{Q}{h_{vapor\ saturado} - h_{líquido\ saturado}} \quad (3)$$

Dónde:

Q - Calor suministrado por la caldera.

$h_{vapor\ saturado}$ - Entalpía vapor saturado a 930 KPa.

$h_{líquido\ saturado}$ - Entalpía líquido saturado a 930 KPa.

Sustituyendo en la ecuación (3):

$$m = \frac{76.75 \text{ kW}}{2775 \text{ KJ/Kg} - 749.2 \text{ KJ/Kg}}$$

$$m = 0.038 \text{ Kg/s}$$

Esto se traduce a que la caldera debe producir 0.038 Kg/s a 930 KPa y tener una igual o superior a 76.75 kW.

Agua de suministro disponible.

Para producir vapor se necesita agua y la calidad de esta tendrá un factor importante en la vida útil de las calderas de vapor.

Debido al proceso que a que se somete la fábrica está diseñada con una buena reserva de agua, pero como esta viene de la red de la ciudad es considerable utilizar un ablandador de agua, para su mejor calidad a la hora de ser empleada en las calderas.

Disponibilidad de espacio y cantidad de unidades.

Como el espacio en la fábrica es limitado pero sin embargo tiene grandes ventajas ya que se puede aprovechar la altura lo más recomendable es usar calderas verticales.

Después de una revisión a los manuales de diferentes fabricantes de estos equipos se seleccionó la caldera de la marca Clayton la cual satisface la demanda de 7.82 BHP la misma salta de las potencia de 10 BHP a 1815 BHP, ver anexo.

Los Generadores de vapor Clayton de la gama E-series son capaces de cubrir las necesidades de vapor más exigentes y de ofrecer las máximas posibilidades de configuración. La caldera seleccionada es el modelo **E-10-StepFire** que abarca pequeñas y moderadas potencias con quemadores por pasos (Clayton Worldwide, 2010)

Combustible a utilizar y energía eléctrica.

La caldera para su operación necesita de combustible y energía eléctrica para su funcionamiento lo que hacen de estos factores de vital importancia. Debe tener considerado en el lugar de instalación las condiciones creadas para el suministro de electricidad así como donde instalar el depósito de combustible, recordando que las calderas son equipos de combustión por lo que el combustible es un elemento fundamental para su operación.

Dentro de los combustibles que utilizan las calderas pueden ser el Fuel Oil, Diesel y Gas licuado del petróleo (GLP). La caldera seleccionada el combustible que emplea es el GLP. Es importante saber y tener en consideración que el depósito para este tipo de combustible es a presión.

Gráfico del sistema de calentamiento diseñado.

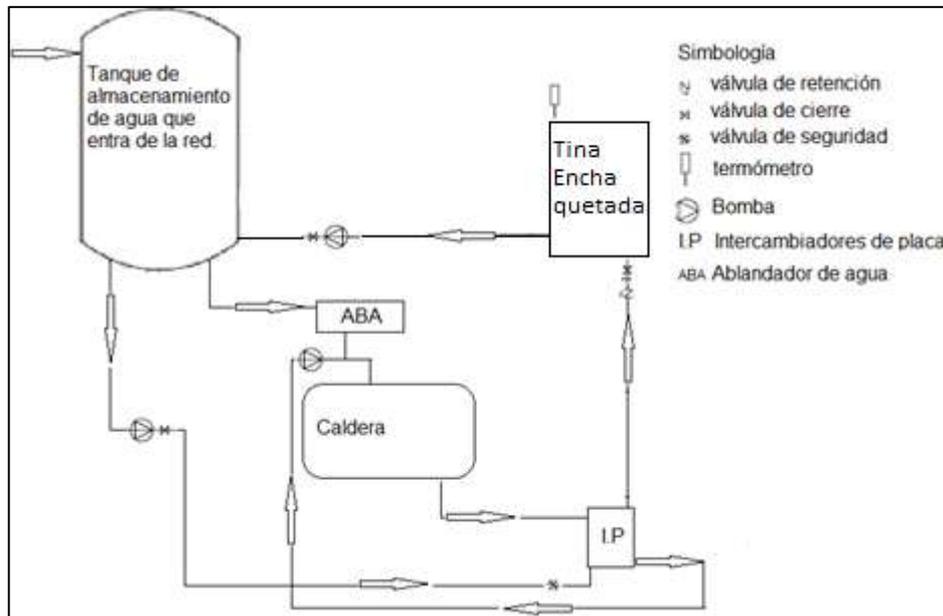


Figura E-1. Sistema de Calentamiento de Chaqueta

Selección de aislamiento de los sistemas de tubería de agua caliente y la tina enchaquetada.

Una vez que se ha determinado las cargas para mantener caliente los sistemas de calentamiento de chocolate en el interior de la tina enchaquetada.

Procedemos a calcular el espesor de aislamiento, se consideran las siguientes suposiciones:

Hay condiciones de estado estable.

Conducción radial a través de las paredes de las tuberías y la tina.

Conductividad térmica constante.

Convección libre en el medio exterior.

Para nuestro cálculo tomaremos el tiempo de hora.

La pérdida de calor (q), que se producirá en la tina será por conducción del aislamiento y convección con el aire del cuarto.

$$q = \left(kx A_1 x \frac{\Delta T_1}{e} \right) + (hx A_2 x \Delta T_2) \quad (4)$$

Dónde:

k = constante de conductividad térmica y seleccionamos lana de vidrio, que localmente en el mercado se consigue, el valor es 0.036 W/m°K

A₁ es el área de transferencia de calor por conducción.

$$A_1 = \pi \varnothing L$$

ΔT_1 Es el diferencial de temperatura entre la pared de la tina y aislamiento.

$$\Delta T_1 = T_{s1} - T_{s2} \quad (5)$$

Done:

e, es el espesor del aislamiento a calcular.

h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, se obtiene $W/m^2 \cdot K$

A_2 es el área de transferencia de calor por convección.

$$A_2 = \pi(\theta + 2e)L \quad (6)$$

ΔT_2 , Diferencial de temperatura entre la pared de aislamiento y el medio exterior:

$$\Delta T_2 = T_{s2} - T_{\infty} \quad (7)$$

Entonces reformulando la ecuación, queda la siguiente:

$$q = \left(k\pi\theta L \frac{(T_{s1} - T_{s2})}{e} \right) + \left(h\pi(\theta + 2e)L(T_{s2} - T_{\infty}) \right) \quad (8)$$

Para calcular espesor del aislante, utilizaremos un análisis numérico, tomamos como valor que las pérdidas de calor al ambiente serán el 12% del calor el interior del líquido, valor establecido según normas de diseño de fabricantes de tanques aislados (Witt, 1999).

Para nuestro diseño usaremos la tina que demanda de mayor energía calorífica para mantener la temperatura del chocolate en el interior de $45^{\circ}C$, y la diferencia de temperatura es de $10^{\circ}C$.

Tenemos los siguientes datos:

$$q = 12 \% q = 0.12 \times 473960W = 56875.2W$$

$$k = 0,036W/m^{\circ}K$$

$$\theta_{\text{tanque}} = 1.55m$$

$$L_{\text{altura cilindro}} = 3.52m$$

$$T_{s1} = 80^{\circ}C$$

$$T_{s2} = 50^{\circ}C \text{ (temperatura promedio)}$$

$$h = 15W/m^2 \cdot K$$

$$T_{\infty} = 20^{\circ}C \text{ (caso más crítico)}$$

Luego de realizar la interacción de las variables, usando una aplicación interactiva en Excel, donde ingresamos la ecuación de pérdidas de calor y calculamos el espesor para una temperatura superficial de $7^{\circ}C$.

El espesor del aislamiento del tanque es de 58 mm.



Figura E-2. Caldero

MODELO GENERADOR		UNID.	E-10	E-15	E-20	E-25	E-40	SE-40	E-50	SE-50	E-60	SE-60	E-80	SE-80	E-100	SE-100	E-125	SE-125	E-165	SE-165	
POTENCIA NETA	CARGA MÁXIMA	kW	96	147	196	255	392	392	490	490	589	589	785	785	891	891	1226	1226	1615	1615	
	REGULACIÓN	%	Quemador ON/OFF																		
ENTREGA MÁXIMA EQUIVALENTE VAPOR SATURADO (*)		kg/h	157	235	313	407	626	626	783	783	939	939	1253	1253	1566	1566	1957	1957	2697	2697	
	PRESIÓN NOMINAL DE OPERACIÓN DISPONIBLE HASTA (**)	bar	13	13	13	13	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
POTENCIA ELÉCTRICA DEL MOTOR (230/400/615/440 VAC-50/60 Hz)	BOMBA DE AGUA	kW	0,37	0,37	0,55	0,55	2,4	2,4	2,4	2,4	4	4	2,4	2,4	2,4	2,4	4,2	4,2	5,5	5,5	
	VENTILADOR	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	11	11	
RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN (***)	TIPO COMBUSTIBLE: G(Gas) / O(Gasoil)	%	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	
	POSICIÓN 100%	%	94	93	91	92	92	90	91	92	94	95	88	93	91	91	94	94	92	93	95
CONSUMO A CARGA MÁXIMA	GAS - PCI = 37000 kJ/m ³	Nm ³ /h	10,2	15,7	20,7	27,6	42,8	43,6	54,2	51,3	62,9	60,9	83,8	80,4	103,7	100,5	131,1	125,9	166,2	167,8	
	GASOIL - PCI = 42700 kJ/kg	kg/h	8,9	13,5	18,0	23,6	36,8	34,9	44,2	42,8	54,5	52,8	71,1	68,9	88,9	86,1	112,4	108,8	138,1	132,8	
CONTENIDO EN AGUA (sistema agua-vapor generador)	LLENO	L	24	34	50	50	65	76,5	65	76,5	104	130	192	235	192	235	192	235	296	367	
	EN FUNCIONAMIENTO	L	9,1	9,1	14	13	20	38,4	20	30,4	25	33	47	61	47	61	47	61	84	106	
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO		m ²	4,5	4,5	5,1	5,1	7,8	11	7,8	11	18,7	15,8	18,1	27,5	18,1	27,5	18,1	27,5	37,1	47,1	
	PRESIÓN DE GAS REQUERIDA EN ENTRADA (****)	mbar	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
DIMENSIONES GENERALES DEL GENERADOR (aprox.)	LARGO	gas natural	mm	1325	1325	1325	1325	1520	1520	1520	1520	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2165	2165
		gasoil	mm	1325	1325	1325	1325	1520	1520	1520	1520	1710	1710	1755	1755	1755	1755	1755	1755	1865	1865
	ANCHO	gas natural	mm	960	960	1045	1045	945	945	945	945	1290	1290	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1415	1415
		gasoil	mm	935	935	935	935	945	945	945	945	1290	1290	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1415	1415
	ALTO	gas - gasoil	mm	1470	1470	1690	1690	2150	2495	2150	2450	2320	2320	2495	2700	2495	2700	2495	2700	2915	2935
		gas natural / gasoil	kg	390	390	450	450	660	794	660	790	1215	1285	1725	1990	1725	1960	1725	1960	2000	2315
DIMENSIONES GENERALES DE LA BOMBA (aprox.)	LARGO	mm	530	530	515	515	630	630	630	630	630	630	677	677	677	677	677	677	677	820	820
		mm	375	375	465	465	630	630	630	630	677	677	677	677	677	677	677	677	677	820	820
CONEXIÓN CHIMENEA (diámetro exterior)	ALTO	mm	650	650	650	650	1065	1065	1065	1065	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1155	1155
	PESO	kg	40	40	40	40	180	180	180	180	325	325	325	325	325	325	325	325	325	400	400

NOTAS
 (*) A 1 bar (absoluta) con temperatura del agua de alimentación de 100 °C.
 (**) Disponible como estándar. Presiones superiores disponibles bajo demanda.
 (***) Basado en temperatura del agua de alimentación de 60 °C.
 (****) Valor constante ajustado por el usuario, basado en consumo máximo de gas y PCI indicado.

LA POLÍTICA DE CLAYTON SIEMPRE DE MEJORA CONTINUA. LOS DATOS INDICADOS ESTÁN SUJETOS A CAMBIOS SIN PREAVISO.

Clayton Sistemas de Vapor, S.L. c/ Vallespir nº19. 08173 Sant Cugat del Vallès-ESPAÑA. Tel +34 935 763 579 Fax +34 935 179 070 e-mail: clayton@clayton.es www.clayton.es

Figura E-3. Ficha Técnica de Caldero

APENDICE F
RESULTADO DE LA SIMULACION DE LAS PAREDES DE LA
TINA

Modulación en el programa FEHT.

Para empezar el proceso de modulación es necesario conocer primeramente las características de los materiales que intervendrán en la simulación por lo el investigador se da la tarea de buscar las propiedades físicas de los materiales en este caso acero inoxidable a base de Cromo y Níquel de la serie 300. Teniendo en cuenta los parámetros que considera el programa se tiene entonces que:

Propiedades físicas del acero Inoxidable 304 son:

Densidad 7.9 g/cm^3

Conductividad térmica 16 W/mK

Calor específico 500 J/Kg K

Luego se procede a la diagramación computacional de la celda, y a su posterior división en elementos finitos, que para este caso en particular consiste en generar triángulos rectángulos al interior del material, y tres líneas de nodos en la parte interna del material como se observa en la imagen 4. Por último se definen los materiales que están en contacto, que son el acero 304 en la parte interna y paredes y agua en la parte interna y en la externa chocolate.

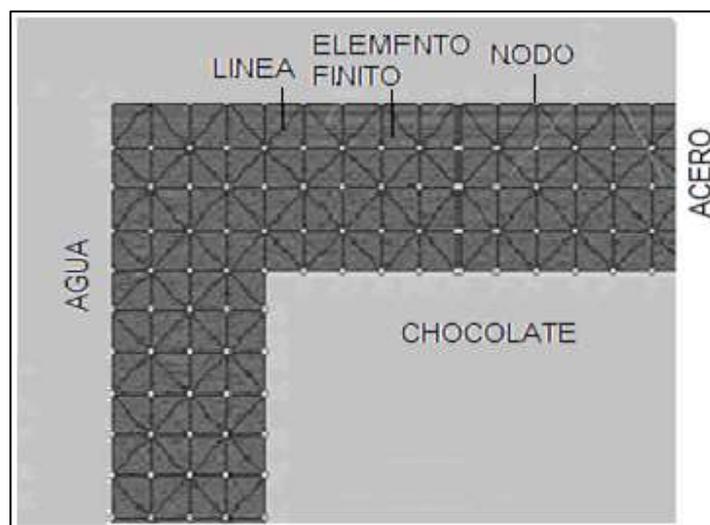


Figura F-1. Esquema de Elemento Finito y Triangulación

La condición inicial en la simulación es el estado en el cual el fluido en este caso el agua la misma se encuentra a una temperatura mayor que la tina. Luego de cumplirse esta condición se procede a l comienzo de la simulación y así obtener las

curvas isotérmicas generadas, que a su vez dan los gradientes de temperatura, y el tiempo necesario para que el sistema llegue al equilibrio térmico o a un estado estacionario de conducción de calor, en el cual los gradientes se mantengan estable.

Los valores de temperatura que se utilizaron para realizar la simulación fueron, en la fronteras externas de la tina (la que da para el chocolate) y en el interior de la pared 44.05°C , en la frontera interna del material y en el fluido (agua) contenido en el enchaquetado de la tina es de 55°C . La diferencia de temperatura que existe entre el interior del enchaquetado y el exterior de la tina es solo de $0,05^{\circ}\text{C}$.

RESULTADO DE SIMULACIÓN

Los datos gráficos obtenidos con el simulador se muestran en la figura 1 Se observa el proceso de conducción de calor en el interior de las paredes de la tina enchaquetada.

En la figura 1 A comienza el proceso de transferencia de calor que conducirá al estado estacionario. Se observa que los contornos de temperatura se mueven y cambian de manera uniforme en casi todo el material. En este “casi” empieza a verse la influencia de la geometría del cuerpo, de sección transversal cuadrada, en la conducción de calor.

Como los cambios en el gradiente térmico ocurren de manera similar en todos los vértices se muestra tan solo un vértice.

En la siguiente figura 4-9 se puede observar que en las paredes de la tina su material la temperatura tiende a aumentar de manera uniforme y al ver los gradientes de temperatura de la figura 1 B se muestra el punto frío causado por la geometría de la Tina. En la esquina de 90° se puede ver como se establece un gradiente de temperatura en el cual el flujo calorífico es desviado. Esta situación no se modifica hasta la estabilización del sistema, en la figura 1 C y la 1D.

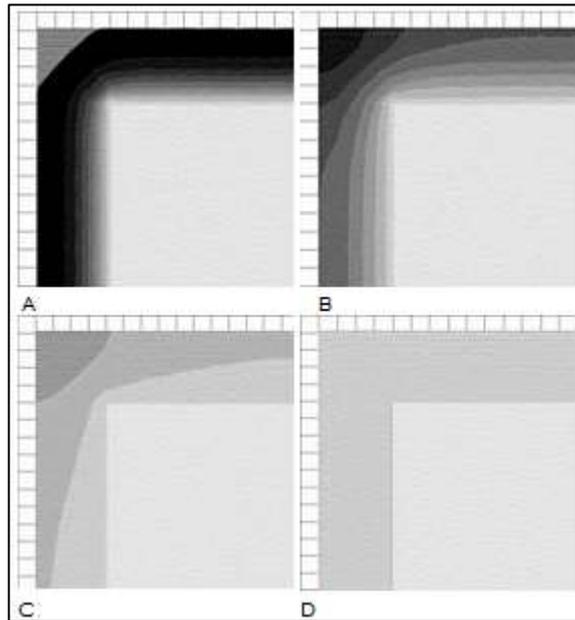


Figura F-2. Simulación de Elemeto Finito

Otro de los resultados que se obtiene del simulador es el flujo de calor proporcional al gradiente de temperatura $\frac{0c}{m}$. El gradiente de la interacción el gradiente aumenta y llega a estabilizarse alcanzando valores de $89.00 \frac{0c}{m}$.

Para poder entender el comportamiento del sistema en sus vértices es necesario ver las curvas isotérmicas en la figura 4-10 que se forman en el interior de la pared de la tina y observar como el calor se distribuye por el material.

En la figura 4-10 se muestran las curvas isotérmicas las cuales permiten analizar al detalle cómo influye la geometría del cuerpo, En la figura 4-10 vemos que hay una distribución muy uniforme de las líneas isotérmicas en el interior del material, esto ocurre en al mismo tiempo en que se generan los contornos de temperatura vistos en la figura 4-11 Luego, a medida que el sistema evoluciona en el tiempo, las líneas isotérmicas se mueven de manera muy notoria y se ven muy juntas. La figura 4-12 se puede ver una sección casi triangular en las isoterma que pasan por la mitad más externa de la esquina de la celda. En él interior de esta sección triangular las curvas isotérmicas forman parábolas, lo que significa que en lo más cerca a estos puntos será más difícil el flujo de calor hacia él.

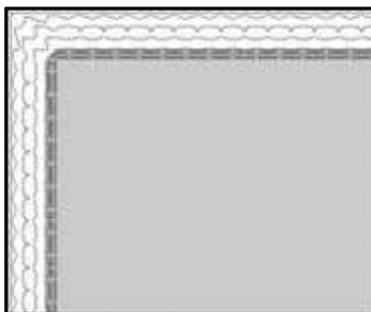


Figura F-3. Curva Isometrica



Figura F-4. Curva Isometrica

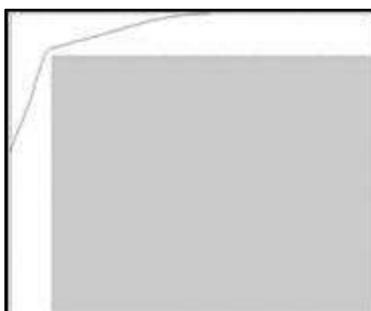


Figura F-5. Curva Isometrica

En la simulación se puede cambiar el material empleado en el sistema en estudio con el objetivo de ver si los materiales influyen en el comportamiento y se pudo demostrar encontró que el material de la celda ni su contenido influyen en el comportamiento de los puntos discontinuos Sin embargo se observó influencia en el tiempo necesario para llegar a la estabilización del gradiente así como en el valor de la temperatura de estabilización. Este punto es importante ya que permite identificar cuál es el material más eficiente con respecto al tiempo transitorio en la conducción de calor.

En la tabla 26 se observan los resultados en función de los tipos de materiales y los tiempos que estos necesitan para alcanzar la temperatura deseada.

Tabla 26. Resultados de simulacion en Acero y Aluminio

Tina/Material	Acero 304	Aluminio
Agua	T=55,039 °C	T= 55,041°C
	t= 0,080 s	t= 0,026 s

Como se puede observar en los valores de la tabla 1 no existe diferencia de temperatura para los materiales empleados no siendo así con los tiempos ya que el aluminio presenta mejor tiempo.

Con respecto al tiempo que no es el mismo para el aluminio y el acero inoxidable, lo que puede influir en la estabilización de los gradientes es que el programa no tiene sensibilidad suficiente para hacer la distinción. Al observar la simulación se puede apreciar notablemente que el aluminio es más rápido que el acero inoxidable en la conducción de calor. Esto está dado por los valores y efecto de la diferencia en el coeficiente de conducción térmica.

En la tabla 27 se muestran los coeficientes de conducción térmica y los calores específicos de los materiales usados en la simulación.

Tabla 27. Propiedades Termicas del Acero y del Aluminio

	Acero 304	Aluminio
Conductividad (W/m.K)	15	204
Cp (KJ/Kg.K)	0,45	0,92

1. La sección transversal cuadrada de la tina presenta puntos discontinuos en el comportamiento de los gradientes de temperatura ya que las curvas isotermas no se reparten uniformemente en el material. El acero utilizado 304 no es un eficiente transmisor del calor.

2. Entre los materiales simulados el aluminio es el material más conveniente para la construcción de la tina desde el punto de vista de la conducción de calor pero tiene el inconveniente de poderse utilizar en la industria alimenticia en cuestión.

3. La función de la tina es que transfiera muy bien el calor hacia el producto, en este caso chocolate, por lo cual el acero inoxidable es la mejor opción dada su alta pasividad química. Si se utilizara una celda de aluminio, por ejemplo, la energía

liberada por una reacción ácido base, es muy posible que el material de la tina reaccione y haga parte del fenómeno alterando drásticamente la medición calorimétrica. El inconveniente de usar acero inoxidable 304 reside en el hecho de que sólo para calentar la tina se produce una caída en la temperatura de $0,08^{\circ}\text{C}$ a 0.026°C , es decir 0.054°C .

APENDICE G

PROPIEDADES DEL CHOCOLATE EN DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Constantes físicas de referencia del chocolate

Conductividad térmica: chocolate sólido 21°C (70 °F) = 0.09 W/m°C
Calor específico: chocolate líquido/sólido 15 - 40 °C (60 - 120 °F) = 1590 J/Kg.°C
Chocolate líquido 40 - 60°C (104 - 140°F) = 1670 J/kg°C

Calor latente: Chocolate con leche = 44 J/ g

Humedad relativa: Chocolate 0.05 - 0.1 % de contenido de humedad
HRE = 35 - 40 %

Densidad : Sólido = 1.3 g/cm³
Líquido /40°C(104°F) = 1.2 g/cm³

Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de Chocolate Bajo en Calorías, libre de Azúcar con Inulina

Figura G-1. Propiedades Físicas del Chocolate

APENDICE H

INFORMACION DEL CATALOGO DE BOMBAS LOBULARES DEL FABRICANTE

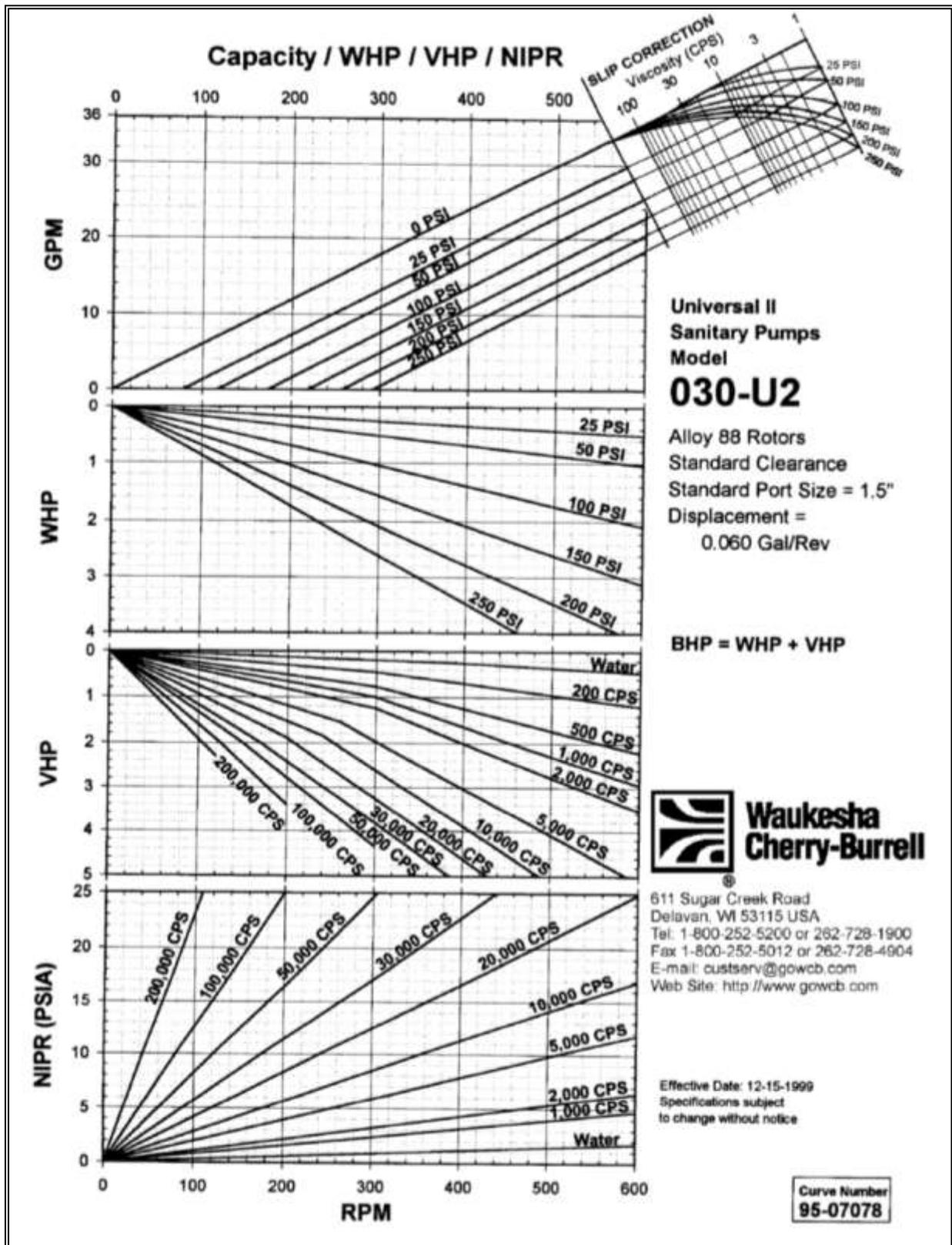
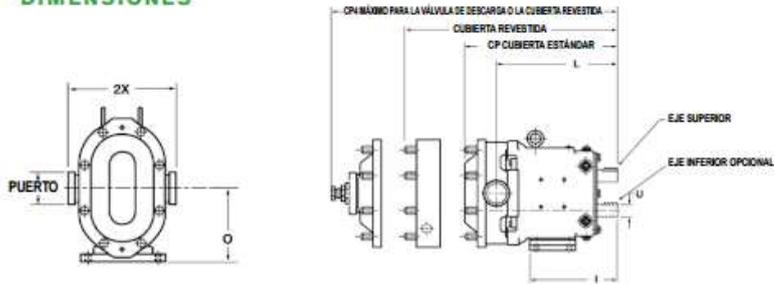


Figura H-1. Curvas de Selección de Bomba



Figura H-2. Bomba Lobular Positiva con Precamara

DIMENSIONES



MODELO		CP	I	L	O	TAMAÑO DE PUERTO	U +0,000 -0,001	2X	CP4
006-U2	PULG.	11,71	7,66	9,61	4,21	1"	0,875	6,97	14,92
	mm	297	194	244	107	---	22,23	177	379
015-U2	PULG.	11,71	7,66	9,61	4,21	1-1/2"	0,875	6,97	14,92
	mm	297	194	244	107	---	22,23	177	379
018-U2	PULG.	12,37	7,66	10,48	4,21	1-1/2"	0,875	6,97	15,58
	mm	314	194	266	107	---	22,23	177	396
030-U2	PULG.	14,49	8,83	11,61	5,21	1-1/2"	1,25	6,5	17,58
	mm	368	224	295	132	---	31,75	216	447

Figura H-3. Dimensiones de Bomba

Tabla 28. Especificaciones Técnicas de Bombas



MODELOS UNIVERSAL 2

MODELO	DESPLAZAMIENTO POR REVOLUCIÓN	CAPACIDAD NOMINAL* HASTA	ENTRADA/SALIDA	ENTRADA/SALIDA OPCIONAL	RANGO DE PRESIÓN HASTA**	RPM MÁXIMAS	RANGO DE TEMP.
006-U2	0,0082 GAL. (0,031 LITROS)	8 GPM (1,8 m3/hr.)	1"	1½"	300 PSI (20,7 bares)	1000	
015-U2	0,0142 GAL. (0,054 LITROS)	11 GPM (2,5 m3/hr.)	1½"	-	250 PSI (17,2 bares)	800	
018-U2	0,029 GAL. (0,110 LITROS)	20 GPM (4,5 m3/hr.)	1½"	2"	200 PSI (13,8 bares)	700	
030-U2	0,060 GAL. (0,227 LITROS)	36 GPM (8,2 m3/hr.)	1½"	2"	250 PSI (17,2 bares)	600	
040-U2	0,076 GAL. (0,288 LITROS)	46 GPM (10,4 m3/hr.)	2"	-	150 PSI (10,5 bares)	600	Rotores estándar: -40 °F (-40 °C) hasta 200 °F (93 °F)
045-U2	0,098 GAL. (0,371 LITROS)	58 GPM (13,2 m3/hr.)	2"	-	450 PSI (31,0 bares)	600	
060-U2	0,153 GAL. (0,579 LITROS)	90 GPM (20,4 m3/hr.)	2½"	3"	300 PSI (20,7 bares)	600	Rotores con holguras para altas temperaturas: 180 °F (82 °C) hasta 300 °F (149 °C)
130-U2	0,253 GAL. (0,958 LITROS)	150 GPM (34,1 m3/hr.)	3"	-	200 PSI (13,8 bares)	600	
180-U2	0,380 GAL. (1,438 LITROS)	230 GPM (52,2 m3/hr.)	3"	-	450 PSI (31,0 bares)	600	
210-U2	0,502 GAL. (1,900 LITROS)	300 GPM (68,1 m3/hr.)	4"	-	500 PSI (34,5 bares)	600	
220-U2	0,521 GAL. (1,972 LITROS)	310 GPM (70,4 m3/hr.)	4"	-	300 PSI (20,7 bares)	600	
320-U2	0,752 GAL. (2,847 LITROS)	450 GPM (102 m3/hr.)	6"	-	300 PSI (20,7 bares)	600	
370-U2	1,099 GAL. (4,160 LITROS)	660 GPM (150 m3/hr.)	6"	-	200 PSI (13,8 bares)	600	

APENDICE I

ECUACIONES APLICADAS PARA LA POTENCIA DEL MOTOR QUE MUEVE EL SISTEMA

ECUACIONES PARA HALLAR LA POTENCIA DEL MOTOR QUE MUEVE EL SISTEMA

CADENAS TRANSPORTADORAS . SELECCION Y CALCULO CONVEYOR CHAINS. SELECTION AND CALCULATION



3. CALCULO DE POTENCIA

3.1 Calculo de potencia a instalar y velocidad

La potencia absorbida por el transportador se puede calcular por las siguientes expresiones:

Transportador horizontal

$$P = F \cdot \frac{V}{100}$$

Transportador inclinado

$$P = F \cdot \frac{V}{100}$$

Siendo: **P** = Potencia absorbida Kw
F = Tracción de la cadena da N
V = Velocidad de la cadena m/seg.

La potencia "P" calculada anteriormente es la teóricamente absorbida bajo las condiciones previstas en el cálculo.

En la práctica, para determinar el motor a instalar, esta potencia deberá ser aumentada según las condiciones de trabajo de la instalación, así, como aplicarle el rendimiento del grupo motriz de accionamiento del transportador.

Como orientación, para un grupo motriz, con transmisión de cadena, reductor de engranajes en baño de aceite y ejes del transportador montados sobre rodamientos a bolas o rodillos, se puede considerar un rendimiento global de 0,8.

La potencia del motor a instalar, deberá aumentarse multiplicando la potencia obtenida por un factor comprendido entre 2 y 1,25 para aplicaciones normales. Los valores altos para potencias pequeñas o condiciones de trabajo duras. El valor bajo

para potencias elevadas o condiciones suaves.

La velocidad del eje motriz del transportador será:

$$n = \frac{60 v}{P \cdot z}$$

Siendo: n = Velocidad de giro en RPM

v = Velocidad de la cadena en m/seg.

P = Paso de la cadena en m.

z = Número de dientes rueda motriz.

CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN DE LA CADENA

FUERZA DE TRACCION

$$F = \mu_c \cdot d(2w + q)$$

d = Longitud de la cadena

μ_c = Coeficiente de rozamiento de la cadena con la superficie

w = Peso lineal de la cadena

q = Peso de la carga

(CADERSA, 2005)

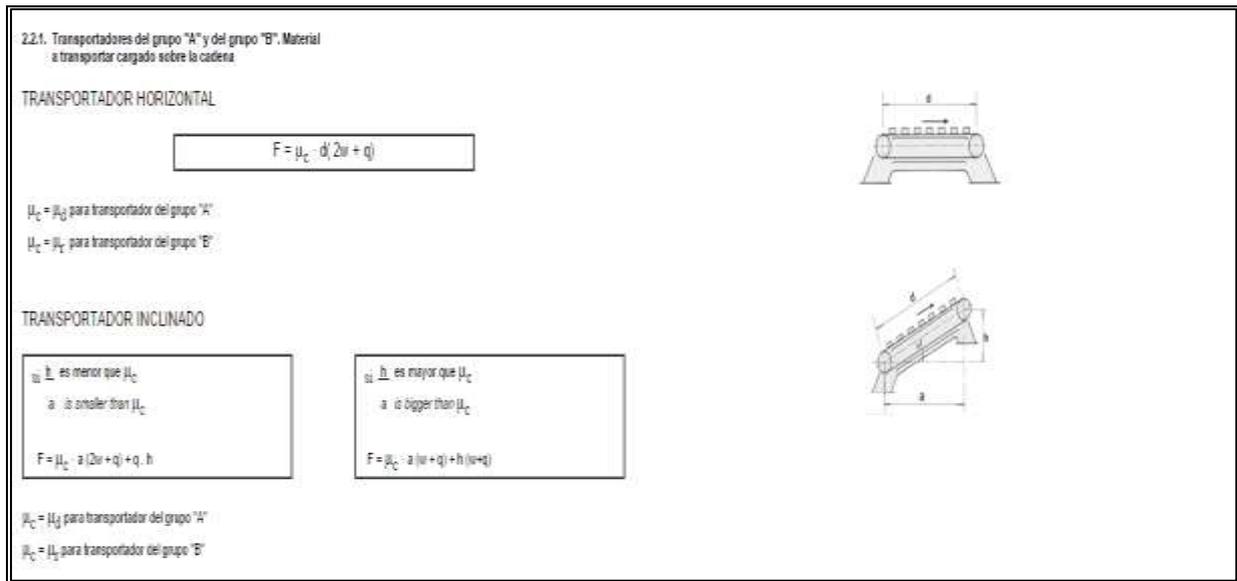


Figura I-1. Transportadores Grupo A y B

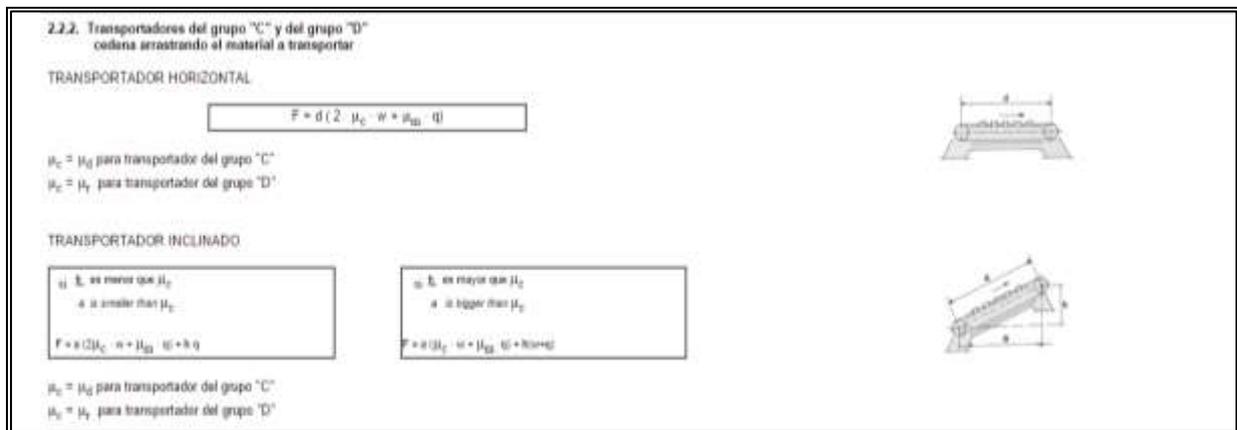
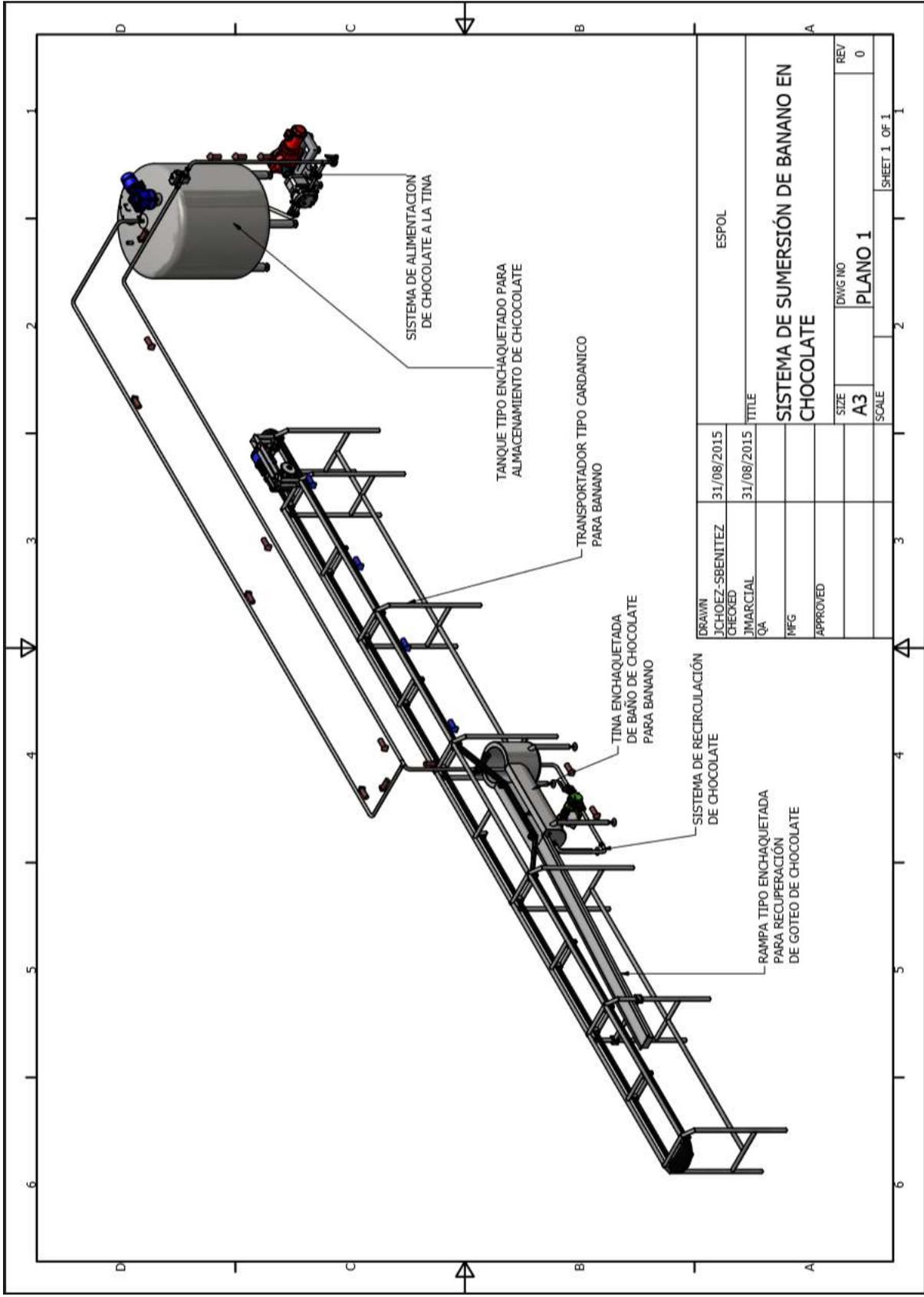


Figura I-2. Transportadores Grupo C y D

APENDICE J

PLANOS ESQUEMATICOS



SISTEMA DE ALIMENTACION DE CHOCOLATE A LA TINA

TANQUE TIPO ENCHAQUETADO PARA ALMACENAMIENTO DE CHOCOLATE

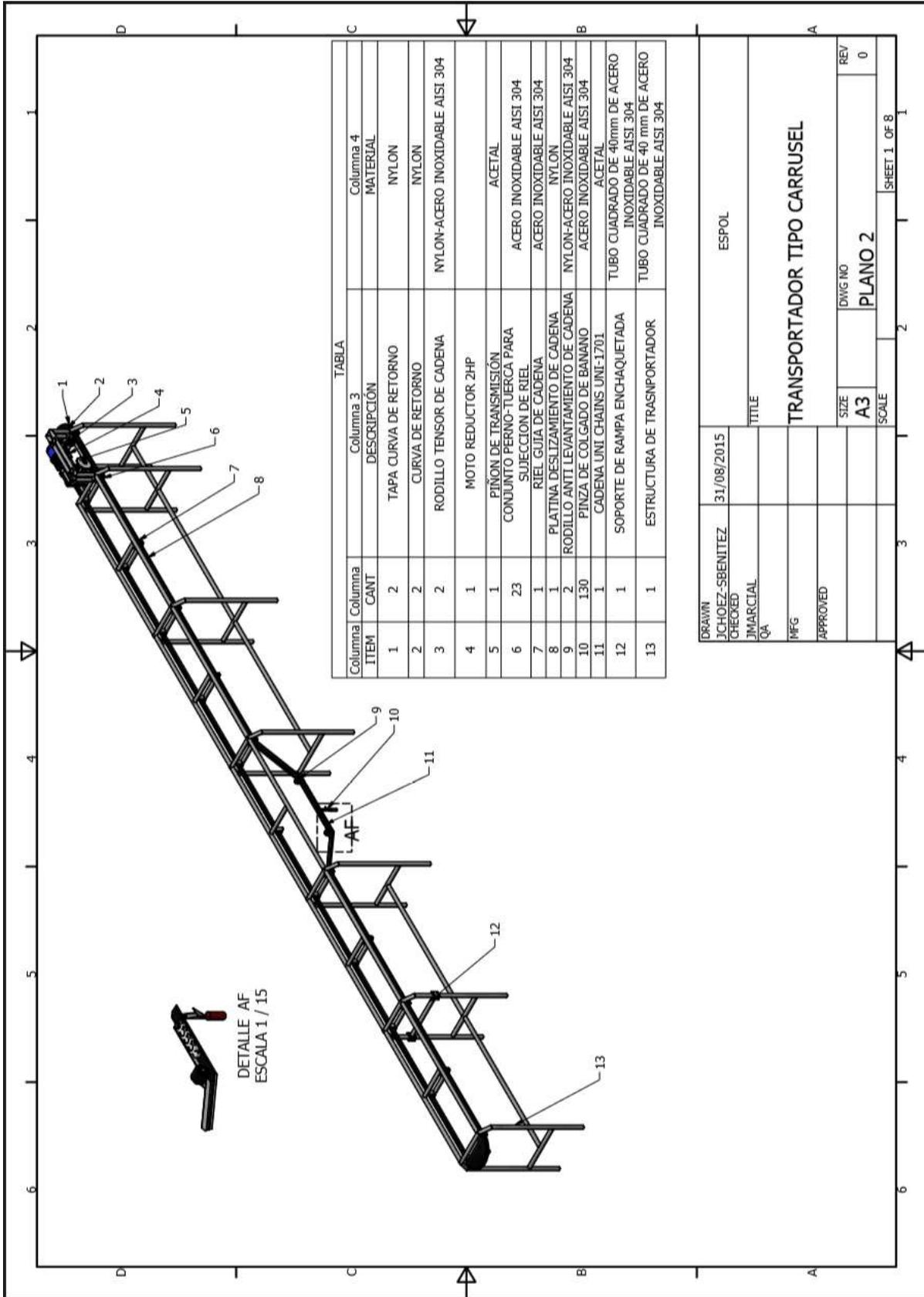
TRANSPORTADOR TIPO CARDANICO PARA BANANO

TINA ENCHAQUETADA DE BAÑO DE CHOCOLATE PARA BANANO

SISTEMA DE RECIRCULACION DE CHOCOLATE

RAMPA TIPO ENCHAQUETADA PARA RECUPERACION DE GOTEO DE CHOCOLATE

DRAWN	31/08/2015	ESPOL
CHEOED	31/08/2015	TITLE
JIMARCIAL		SISTEMA DE SUMERSIÓN DE BANANO EN CHOCOLATE
QA		SIZE
TMFG		A3
APPROVED		SCALE
		PLANO 1
		REV
		0
		SHEET 1 OF 1





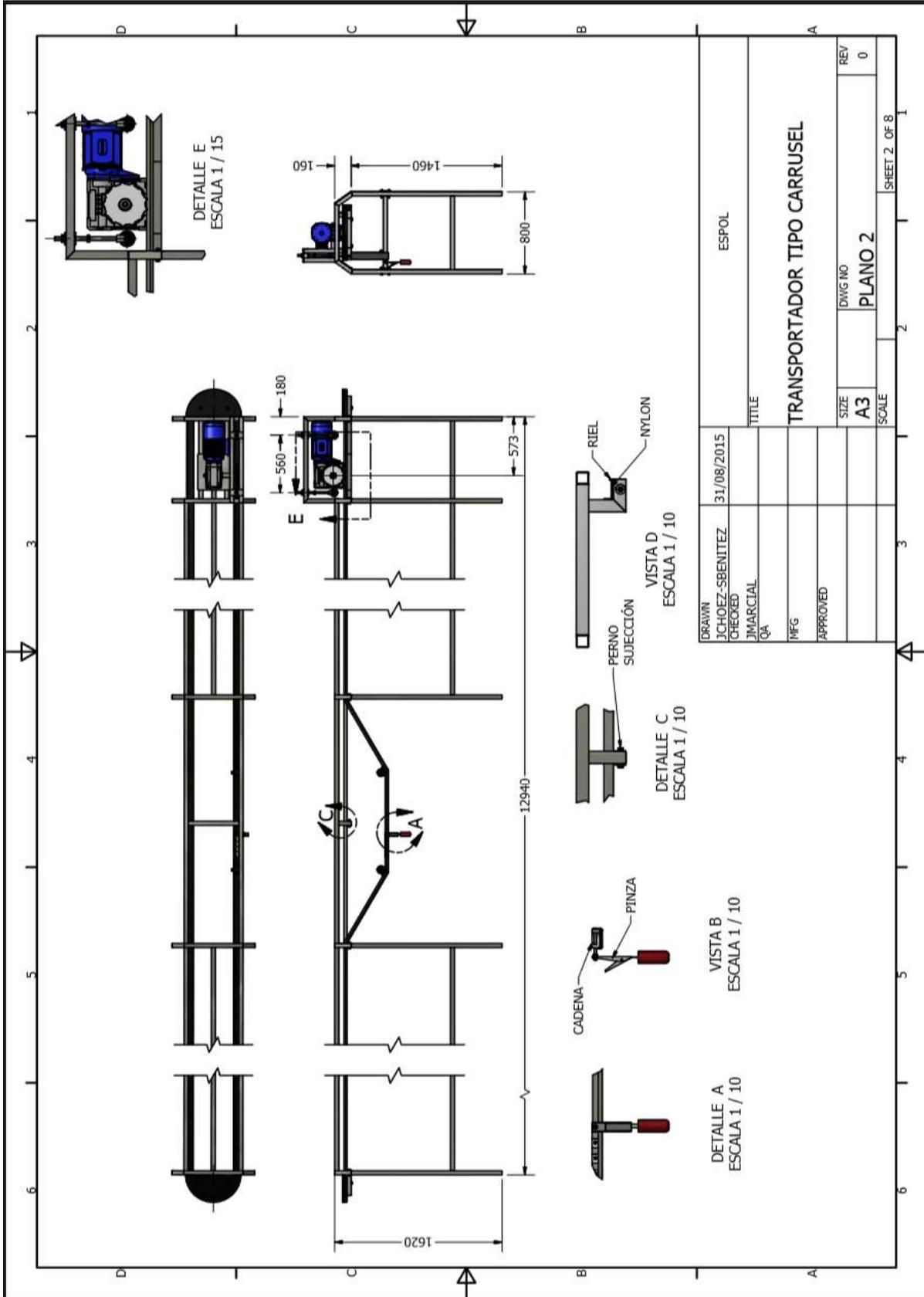
 DETALLE AF

 ESCALA 1 / 15

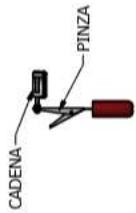
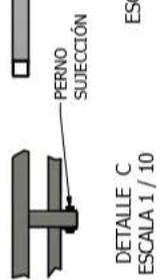
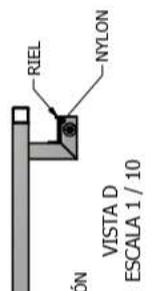
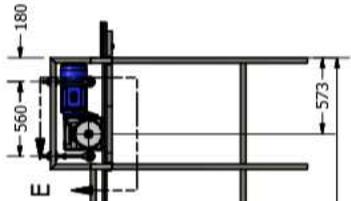
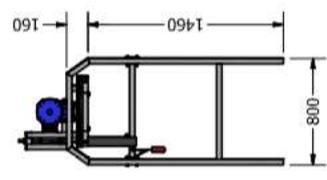
TABLA

Columna ITEM	Columna CANT	Columna 3 DESCRIPCIÓN	Columna 4 MATERIAL
1	2	TAPA CURVA DE RETORNO	NYLON
2	2	CURVA DE RETORNO	NYLON
3	2	RODILLO TENSOR DE CADENA	NYLON-ACERO INOXIDABLE AISI 304
4	1	MOTO REDUCTOR 2HP	
5	1	PINON DE TRANSMISIÓN	ACETAL
6	23	CONJUNTO PERNO-TUERCA PARA SUJECION DE RIEL	ACERO INOXIDABLE AISI 304
7	1	RIEL GUIA DE CADENA	ACERO INOXIDABLE AISI 304
8	1	PLATINA DESLIZAMIENTO DE CADENA	NYLON
9	2	RODILLO ANTI LEVANTAMIENTO DE CADENA	NYLON-ACERO INOXIDABLE AISI 304
10	130	PINZA DE COLGADO DE BANANO	ACERO INOXIDABLE AISI 304
11	1	CADENA UNI CHAINS UNI-1701	ACETAL
12	1	SOPORTE DE RAMPA ENCHAQUETADA	TUBO CUADRADO DE 40mm DE ACERO INOXIDABLE AISI 304
13	1	ESTRUCTURA DE TRANSPORTADOR	TUBO CUADRADO DE 40 mm DE ACERO INOXIDABLE AISI 304

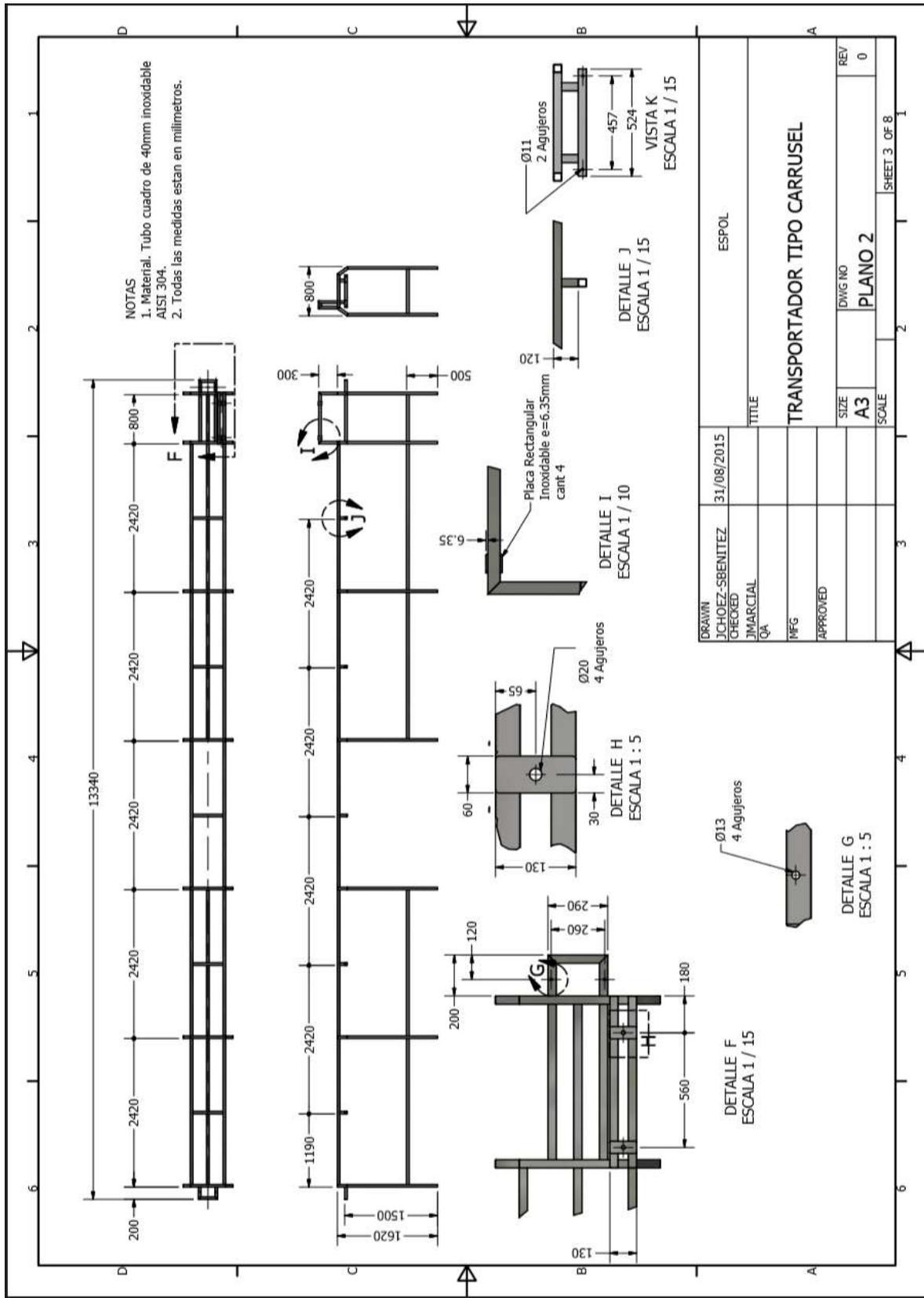
DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	JMARCIAL		
QA			TITLE
MFG			TRANSPORTADOR TIPO CARROUSEL
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		A3	PLANO 2
		SCALE	
			REV
			0
			SHEET 1 OF 8



DETALLE E
ESCALA 1 / 15

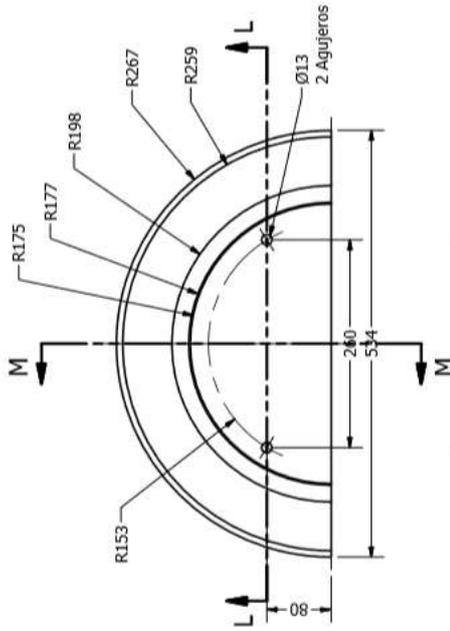


DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	JMARCIAL		
QA			
MFG			
APPROVED			
TITLE			
TRANSPORTADOR TIPO CARROUSEL			
SIZE	A3	DWG NO	PLANO 2
REV	0	SCALE	
			SHEET 2 OF 8



DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	TITLE		ESPOL
CHECKED	JMARCIAL		TRANSPORTADOR TIPO CARUSEL		
QA			SIZE	DWG NO	REV
TMFG			A3	PLANO 2	0
APPROVED			SCALE		
					SHEET 3 OF 8

CURVA DE RETORNO

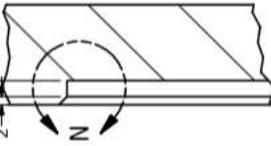


NOTA:
 1. Material. Disco de Nylon de 25mm de espesor
 2. Todas las medidas estan en milimetro, amemos que se eindicue lo contrario

SECCIÓN M-M
 ESCALA 1 / 5



DETALLE N
 ESCALA 1 : 1

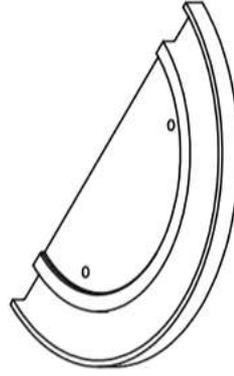
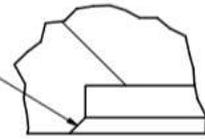


SECCIÓN L-L
 ESCALA 1 / 5



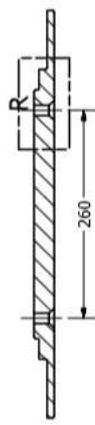
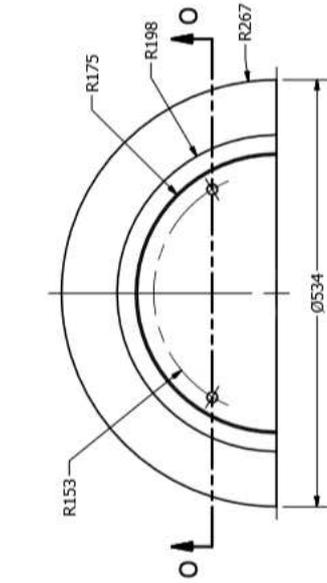
2,00 X 45,0°

DETALLE N
 ESCALA 2 : 1

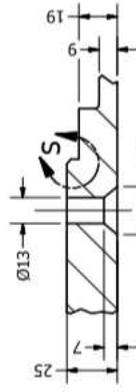


DRAWN	31/08/2015	ESPOL
CHECKED		TITLE
JIMARCIAL		TRANSPORTADOR TIPO CARRUSEL
QA		SIZE
MFG		A3
APPROVED		SCALE
		DWG NO
		PLANO 2
		REV
		0
		SHEET 4 OF 8

TAPA CURVA DE RETORNO



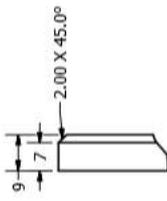
SECCIÓN O-O
ESCALA 1 / 5



DETALLE R
ESCALA 1 : 2

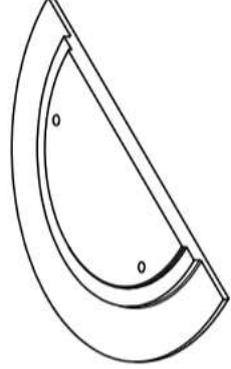


DETALLE P
ESCALA 1 : 1



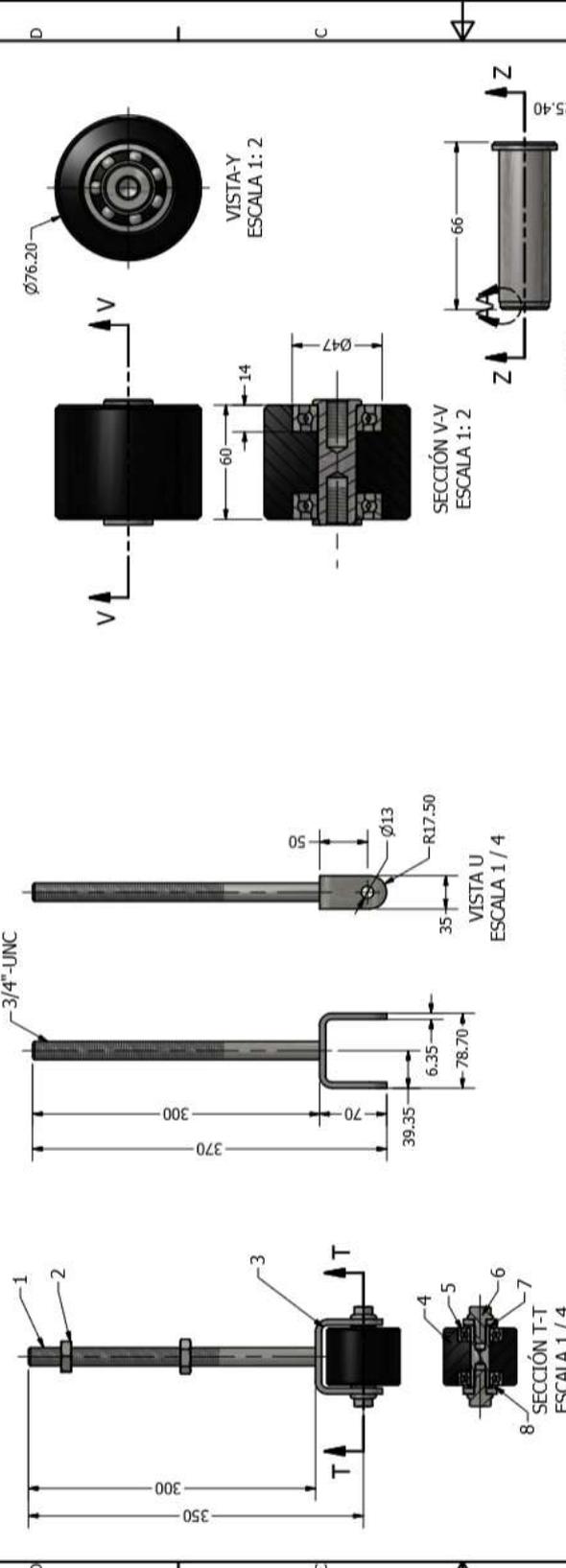
DETALLE S
ESCALA 1 : 1

NOTA:
1. Material. Disco de Nylon de 25mm de espesor
2. Todas las medidas estan en milimetro, amenos que se indique lo contrario



DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	JIMARCIAL		TITLE
QA			TRANSPORTADOR TIPO CARRUSEL
IMFG			SIZE
APPROVED			A3
			SCALE
			PLANO 2
			DWG NO
			0
			REV
			0
			SHEET 5 OF 8

ENSAMBLE RODILLO TENSOR DE CADENA

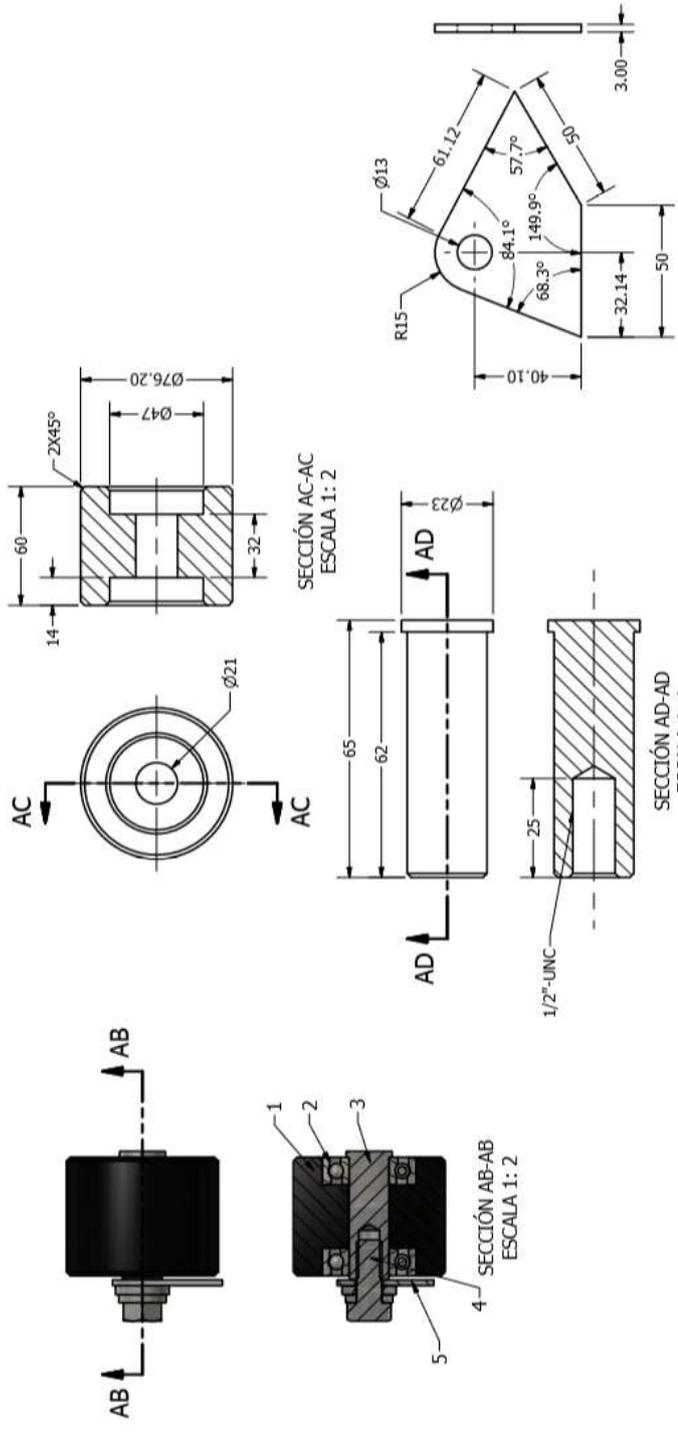


TABLA

Columna 1 ITEM	Columna 2 CANT	Columna 3 DESCRIPCIÓN	Columna 4 MATERIAL
1	1	ESPARRAGO 3/4"x300	BARRA 3/4" DE ACERO INOXIDABLE AISI 304
2	2	TUERCA 3/4"	ACERO INOXIDABLE 304
3	1	PORTA RODILLO	CHAPA 1/4" ACERO INOXIDABLE AISI 304
4	1	RODILLO	BARRA DE NYLON 3"x60mm
5	2	RODAMIENTO 6204	
6	2	PERNO DE 1/2"	ACERO INOXIDABLE AISI 304
7	1	PIN DE RODILLO	BARRA DE ACERO INOXIDABLE AISI 304
8	1	ANILLO SEPARADOR	ACERO INOXIDABLE AISI 304

DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED			
JMARCIAL			TITLE
QA			
MFG			
APPROVED			
TRANSPORTADOR TIPO CARRUSEL			
SIZE	A3	DWG NO	PLANO 2
REV	0	SCALE	

ENSAMBLE RODILLO ANTI LEVANTAMIENTO DE CADENA



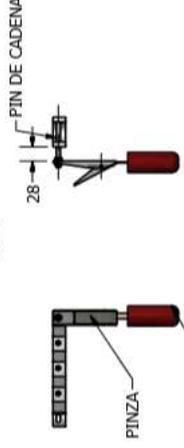
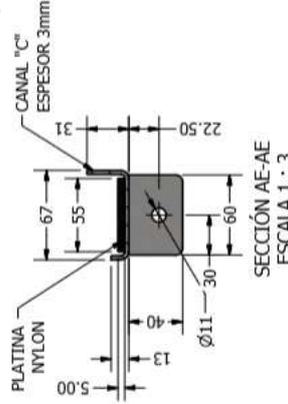
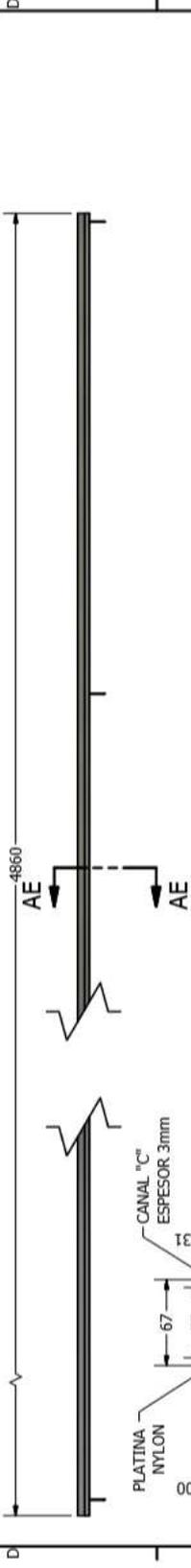
TABLA

Columna 1 ITEM	Columna 2 CANT	Columna 3 DESCRIPCIÓN	Columna 4 MATERIAL
1	1	RODILLO DE 3"x60mm	NYLON
2	2	RODAMIENTO 6204	
3	1	PIN DE RODILLO	BARRA INOXIDABLE AISI 304
4	1	PERNO DE 1/2" UNC	ACERO INOXIDABLE AISI 304
5	1	PLACA SOPORTE RODILLO	CHAPA INOXIDABLE AISI 304 ; 3mm

DRAWN	JCHOEZ-SBENITTEZ	31/08/2015	ESPOL		
CHECKED	JMARCIAL		TITLE		
QA					
MFG					
APPROVED					
			TRANSPORTADOR TIPO CARRUSEL		
SIZE	A3	DWG NO	PLANO 2		
SCALE		REV	0		
			SHEET 7 OF 8		

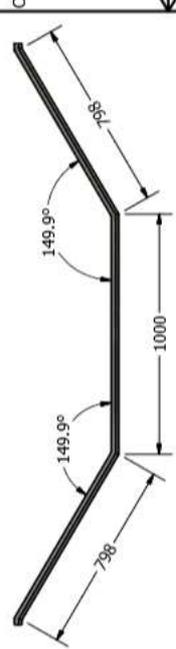
ENSAMBLE RIEL GUJA DE CADENA

ENSAMBLE GUJA TRAMO RECTO

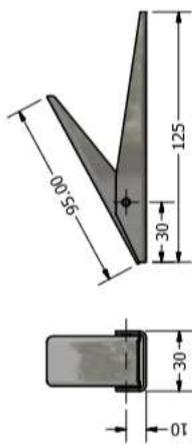


VISTA AF
ESCALA 1 / 8

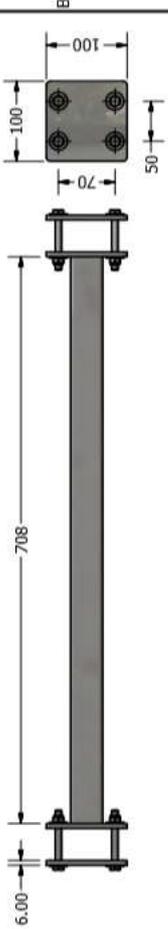
RAMPA DE BAÑO



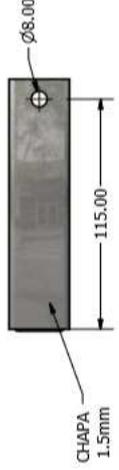
PINZA DE SUJECCIÓN DE BANANO



SOPORTE DE RAMPA

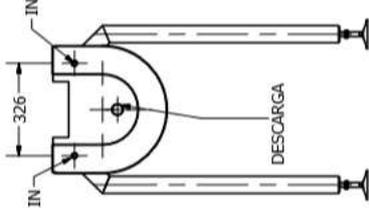
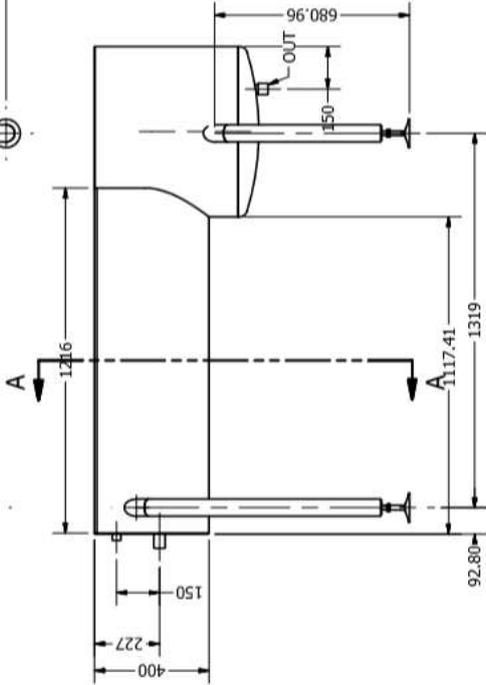
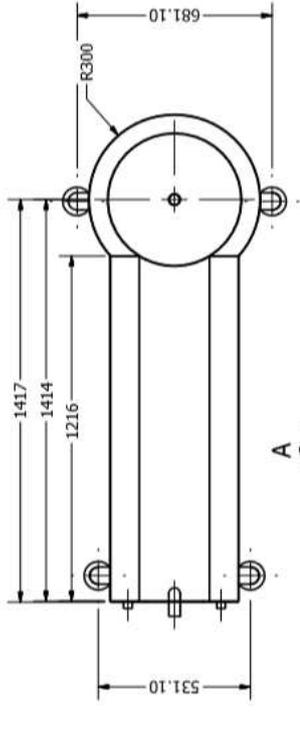


DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	JIMARCIAL		TITLE
QA			TRANSPORTADOR TIPO CARRUSEL
MFG			SIZE
APPROVED			A3
			DWG NO
			PLANO 2
			SCALE
			REV
			0
			SHEET 8 OF 8

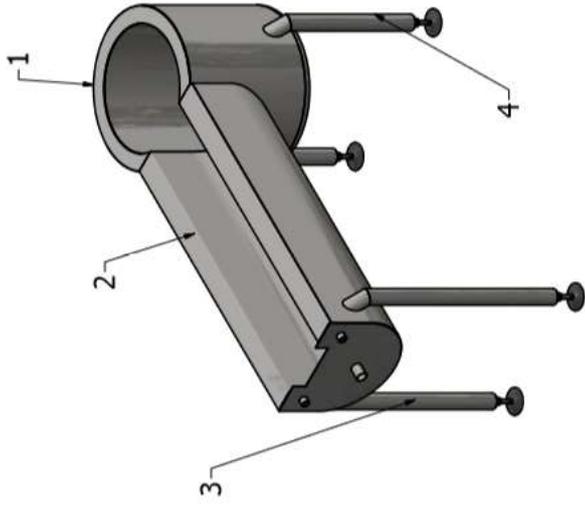


CHAPA 1.5mm

ENSAMBLE TINA ENCHAQUETADA

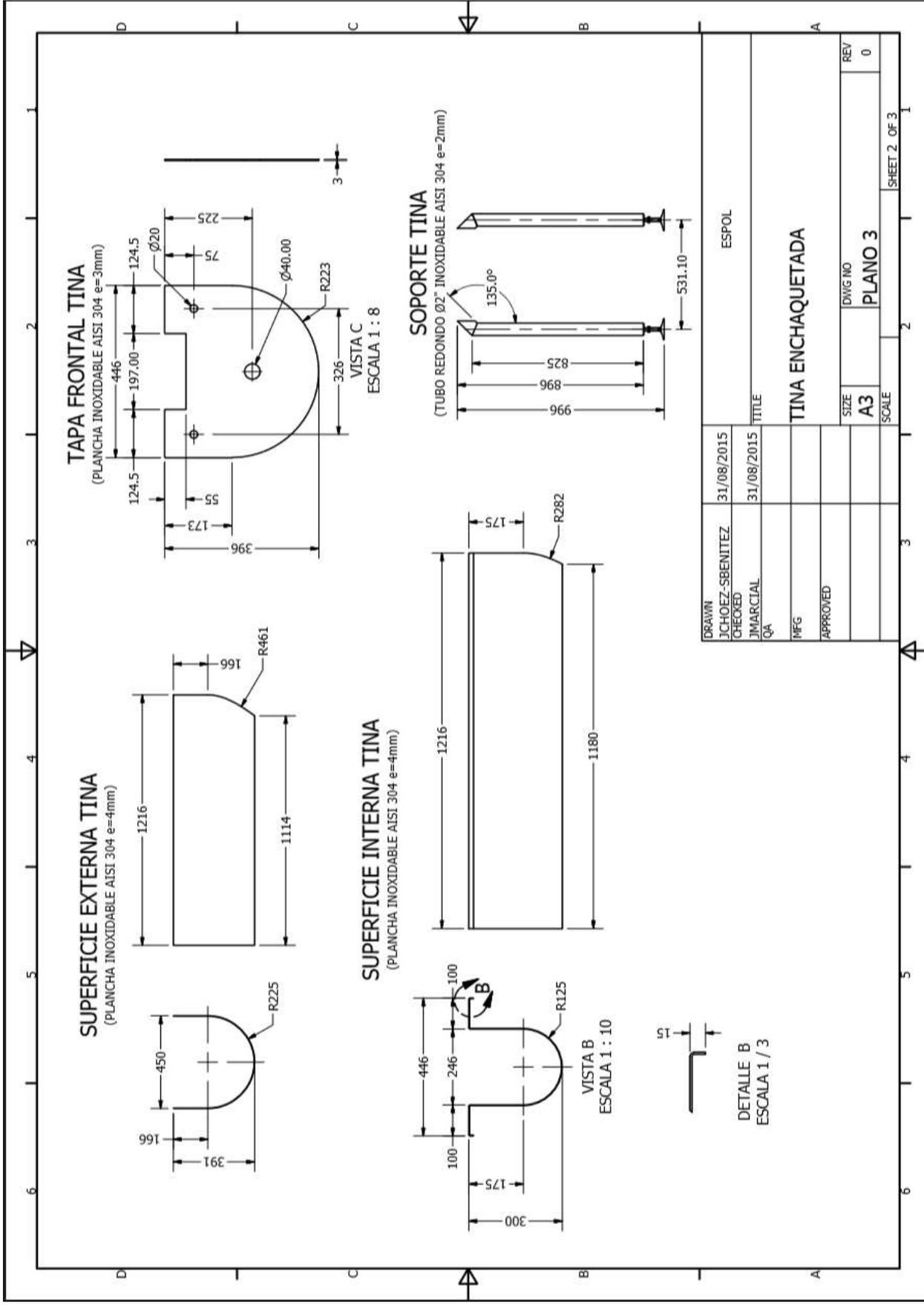


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 14



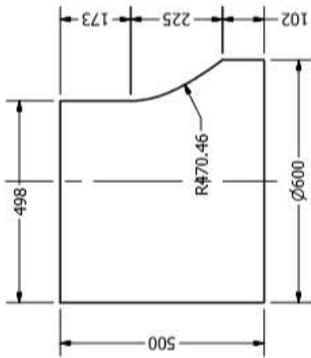
Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	TANQUE ENCHAQUETADO	PLANCHA ACERO INOXIDABLE AISI 304 e=3mm
2	1	TINA ENCHAQUETADA	PLANCHA ACERO INOXIDABLE AISI 304 e=4mm
3	2	SOPORTES TINA	TUBO REDONDO 2" SANITARIO
4	2	SOPORTE TANQUE	TUBO REDONDO 2" SANITARIO

DRAWN	JCHOEZ-SBENITEZ	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	JIMARCIAL	31/08/2015	TITLE
QA			TINA ENCHAQUETADA
MFG			SIZE
APPROVED			A3
			DWG NO
			PLANO 3
			SCALE
			REV
			0

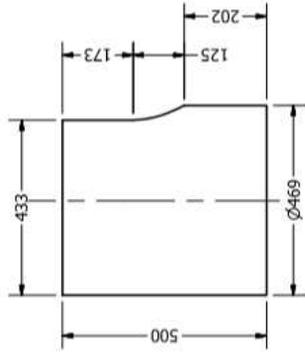


DRAWN	31/08/2015	ESPOL
CHECKED	31/08/2015	TITLE
JMARCIAL		
QA		
MFG		
APPROVED		
SIZE	DWG NO	REV
A3	PLANO 3	0
SCALE		
		SHEET 2 OF 3

CUERPO EXTERNO TANQUE
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=3mm)

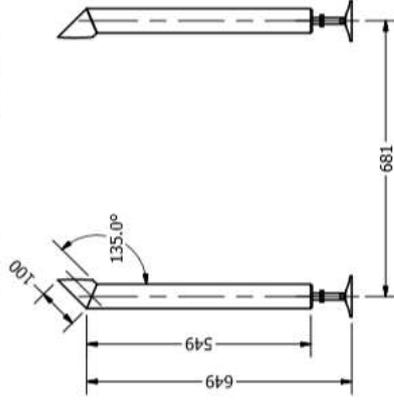


CUERPO INTERNO TANQUE
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=3mm)

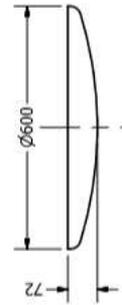


SOPORTE TINA

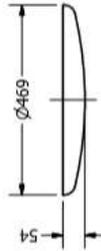
(TUBO REDONDO Ø2" INOXIDABLE AISI 304 e=2mm)



TAPA CAP EXTERIOR
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=2mm)

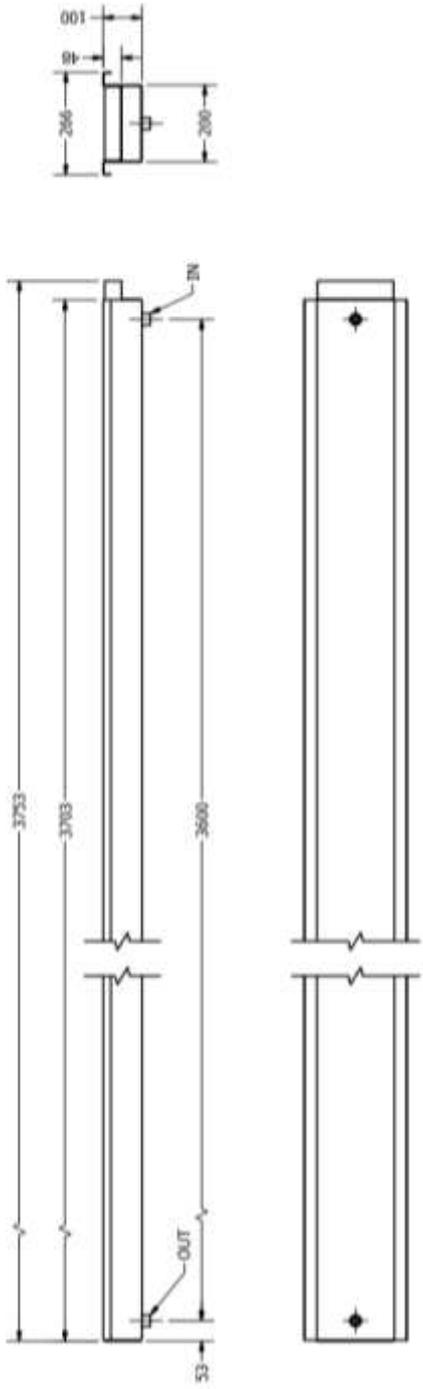


TAPA CAP INTERIOR
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=2mm)



DRAWN	31/08/2015	ESPOL	
CHECKED	JCHOEZ-SBENITEZ		
QA	JMARCIAL	TITULO	
MFG		TINA ENCHAQUETADA	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		A3	PLANO 3
		SCALE	REV
			0
		SHEET 3 OF 3	

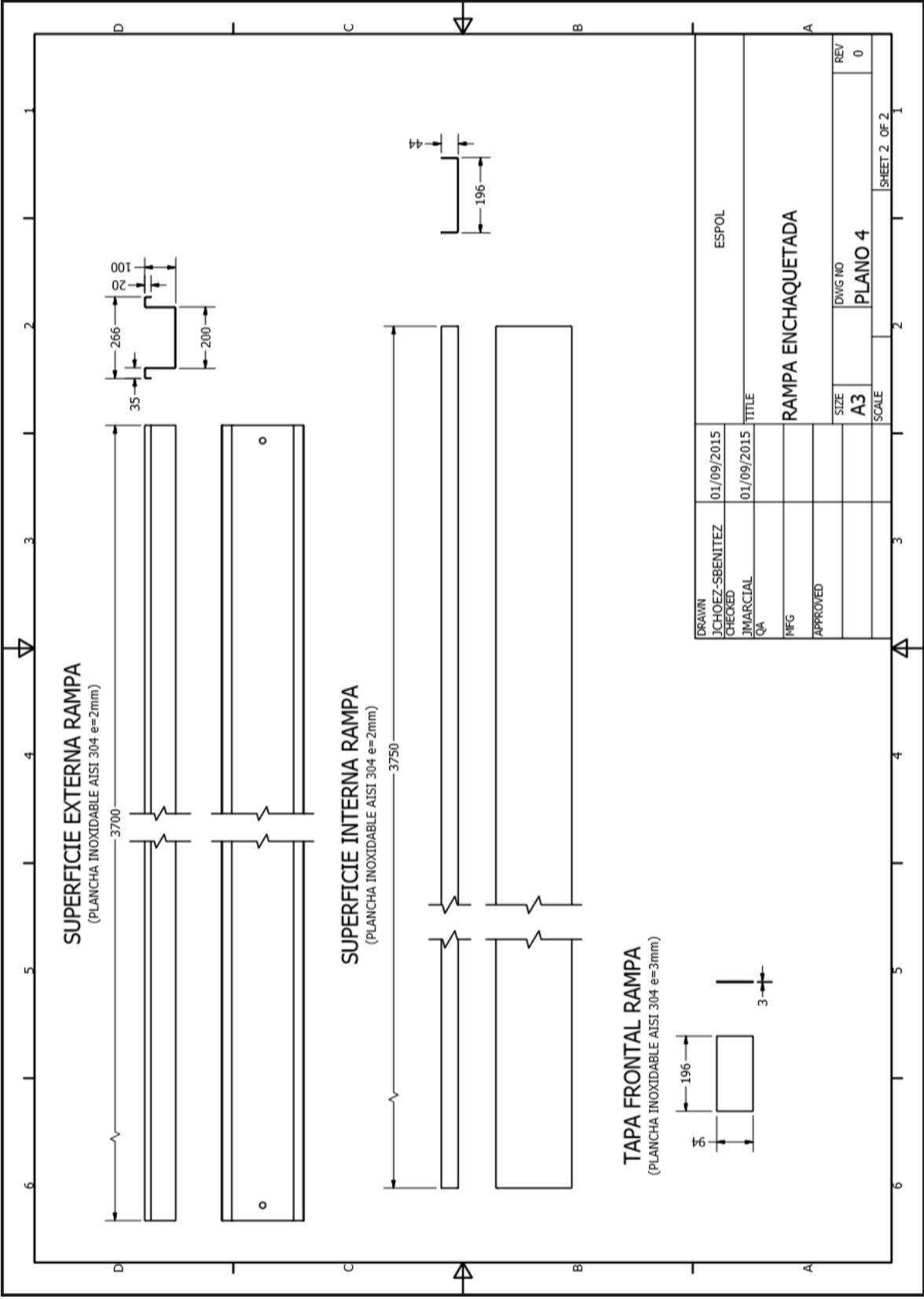
ENSAMBLE DE RAMPA ENCHAQUETADA



NOTA:
1.- MATERIAL PLANCHAS ACERO INOXIDABLE AISI 304, $\phi=2mm$
2.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN MILIMETRO



DESIGN	01/09/2015	ESPOL
DRAWN	01/09/2015	
CHECKED		
EMARICIAL		
OK		
TRFJ		
APPROVED		
TITLE		
RAMPA ENCHAQUETADA		
SIZE	DWG NO	REV
A3	PLANO 4	0
SCALE		



SUPERFICIE EXTERNA RAMPA
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=2mm)

SUPERFICIE INTERNA RAMPA
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=2mm)

TAPA FRONTAL RAMPA
(PLANCHA INOXIDABLE AISI 304 e=3mm)

DRAWN	01/09/2015	ESPOL	
CHEOZ-SBENITEZ	01/09/2015	TITLE	
JMARCIAL		SIZE	DWG NO
QA		A3	PLANO 4
MFG		SCALE	REV
APPROVED			0
			SHEET 2 OF 2

RAMPA ENCHAQUETADA