

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### **Diseño de una Máquina Seleccionadora de Truchas**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico,  
que presenta el bachiller:

**Angel Gabriel Vega De la Cruz**

**ASESORES: Ericka Madrid Ruiz  
Benjamín Barriga Gamarra**

**Lima, Noviembre del 2013**

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño de una máquina seleccionadora de truchas que clasifique a las truchas por tamaño con la finalidad de permitir una mejor crianza de los peces en sus diferentes criaderos. Cabe hacer mención que la máquina se diseñó para ser utilizada en lugares cercanos a los criaderos y se consideró que debe ser transportable para sus diferentes fines.

Para lograr el objetivo se ha utilizado el método de diseño recomendado por la VDI 2225 cuya finalidad fue proporcionar un procedimiento estructurado para el diseño de la máquina. Como resultado, se obtuvo la propuesta de diseño de una máquina seleccionadora de truchas, la cual presenta los siguientes beneficios: **Rapidez de selección, mayor capacidad de selección, mejor eficiencia de selección y un mayor abastecimiento de peces.** La máquina puede seleccionar **3 rangos diferentes de capacidades de selección (18,000; 7,200 y 3,600 peces/hora)** según sea su requerimiento en los diferentes criaderos, tal y como se explica en el acápite 3.2 del capítulo 3. El diseño de la máquina consideró el uso de un solo motorreductor, el cual alimenta a un sistema mecánico que permite seleccionar los peces de manera **rápida y eficiente**, de tal manera que el pez no sufra daño. El sistema mecánico contempló la utilización de un solo motorreductor, un sistema de alimentación compuesto por 4 poleas y 2 bandas transportadoras; éstas dos últimas formando una "V" como se explica en el capítulo 2. Asimismo, el diseño de la máquina comprendió la elección de materiales comerciales con la finalidad de una posterior fabricación. Cabe hacer mención que el peso estándar promedio de la máquina es **240 kg**, sin embargo con el presente diseño se logró disminuir el peso a **200kg**. El precio de la máquina es asequible al usuario y se estima en S/.19,264.27. Considerando los beneficios de la máquina mencionados anteriormente, el presente proyecto presenta una óptima solución a la crianza de los peces trucha en sus diferentes criaderos, minimizando así los tiempos de selección, mejorando la cantidad de peces a seleccionar y obteniendo un sistema muy eficiente a través de un proceso continuo de selección.



### **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la sabiduría en cada decisión.

A mis padres por darme su comprensión y apoyo en todo el tiempo de desarrollo de la tesis.

A mis profesores y compañeros por brindarme su apoyo durante la elaboración de la presente tesis.

## SIMBOLOGIA

1.  $A_i$  : Tensión de banda o fuerza requerida para superar la resistencia de fricción y los polines intermedios que rotan. [N]
2.  $A_s$ : Área de sección transversal [ $m^2$ ]
3.  $B$ : Ancho de banda [mm]
4.  $C_t$ : Coeficiente de conversión de la capacidad de transporte según el ángulo de talud
5.  $C_p$ : Capacidad de los peces transportados por hora [truchas/hora].
6.  $D_t$ : diámetro mínimo del tambor [mm]
7.  $D_{t1}$ : Diámetro seleccionado [mm]
8.  $E$ : Modulo de elasticidad [ $N/mm^2$ ]
9.  $F_{pt}$  : Fuerza periférica en la banda [N]
10.  $H$ : Distancia vertical que el material es elevado o bajado. [m]
11.  $H_p$  : potencia requerida por faja transportadora. [hp]
12.  $i$ : Radio de giro [m]
13.  $I$  : Momento de inercia [ $mm^4$ ]
14.  $K$ : Factor de longitud efectiva para pandeo
15.  $K_t$ : Factor de corrección de temperatura ambiente.
16.  $K_x$  : Factor usado para calcular la resistencia a la fricción de los polines intermedios. [N/m]
17.  $K_y$  : Factor de ejecución usado para calcular la combinación de la resistencia de la banda y la resistencia de la carga para flexar.
18.  $K$ : Coeficiente de reducción de la capacidad de transporte según inclinación

19. L: Longitud de transporte [mm]
20. Ls: Longitud de soporte [mm]
21. Mt: Torque poleas secundarias [N.m]
22. Mt1: Torque motorreductor [N.m]
23. n : rendimiento del motorreductor
24. Nt : velocidad de rotación[rpm]
25. Pcr: Carga critica [N]
26. Pt: Potencia del tambor motriz [kW]
27. Pefectiva: Potencia efectiva [kW]
28. Qm: Capacidad teórica de transporte para velocidad de 1 m/s [tn/h]
29. Qr: Capacidad real de transporte [tn/h]
30. Q : Capacidad requerida.[ton/h]
31. Si: Espaciamiento de los polines intermedios. [m]
32. Tg: Peso de la trucha grande [kg]
33. Tpq: Peso de la trucha pequeña [kg]
34. Tpr: Peso promedio de la trucha (kg)
35. Tac: Tensión total por los accesorios.[N]
36. Tam: Tensión resultante por acelerar el material continuamente.[N]
37. Tp: Tensión resultante de la resistencia de la banda para flexarse alrededor de las poleas y la tensión por la resistencia de las polines cuando rotan en sus rodamientos. [N]
38. T: Torque del eje principal [rpm]
39. Te: Tensión resultante.[N]
40. v: Velocidad de banda. [m/s]

41.  $\beta_1$ : ángulo de artesa [°]
42.  $\rho$ : Densidad del pez trucha. [tn/m<sup>3</sup>]
43.  $w$ : velocidad angular [rad/s]
44.  $l$ : Grado de esbeltez
45.  $\beta$  : ángulo entre los ejes en el plano ZX [°], ángulo de abrazamiento [°]
46.  $\beta_v$ : factor según material base
47.  $\theta$ : ángulo entre los ejes en el plano YZ [°]
48.  $\Phi$ : ángulo entre los ejes [°]
49.  $\sigma_{cr}$ : Esfuerzo critico [N/mm<sup>2</sup>]
50.  $\sigma_f$ : Esfuerzo de fluencia [N/mm<sup>2</sup>]
51.  $\sigma_a$ : Esfuerzo alternante [N/mm<sup>2</sup>]
52.  $\sigma_{eqm}$  : Esfuerzo equivalente medio [N/mm<sup>2</sup>]
53.  $\sigma_B$ : Esfuerzo de rotura del material. [N/mm<sup>2</sup>]
54.  $\zeta$  : Esfuerzo cortante [N/mm<sup>2</sup>]
55.  $\zeta_m$ : Esfuerzo cortante medio [N/mm<sup>2</sup>]
56.  $\gamma$ : Factor de seguridad para soldadura
57.  $\omega$ : Coeficiente  $w$

# Índice

Contenido	Págs.
<b><u>Introducción</u></b>	1 - 4
<b><u>1. Estado del arte</u></b> .....	5 - 24
1.1 Condiciones de vida del pez trucha .....	5 - 8
1.2 Clasificación de las truchas por peso y tamaño .....	8 - 10
1.3 Sistemas mecánicos para la selección de peces.....	10 – 14
1.3.1 Sistema Hidráulicos.....	10 – 11
1.3.2 Sistema Neumático.....	11 – 12
1.3.3 Bomba PIN PIN.....	12 -13
1.3.4 Elevador de peces.....	13 - 14
1.4 Sistemas de selección hasta la actualidad.....	14 – 23
1.4.1 Sistema de selección manual.....	14 – 16
1.4.2 Sistema de selección semiautomática.....	17 – 18
1.4.3 Sistema de selección automática.....	18
1.4.4 Sistema de selección por rodillos.....	19
1.4.5 Sistema de selección por canaleta.....	20
1.4.6 Sistema de selección giratorio.....	20 - 21
1.4.7 Sistema de selección Vision Machine.....	21 - 23
1.5 Factores importantes para la selección de peces.....	23 – 24
1.5.1 Materiales de construcción.....	23
1.5.2 Daños mecánicos y estrés a los peces.....	24
1.5.3 Calibración inicial y durante la selección.....	24
1.5.4 Cantidad de peces a seleccionar.....	24
<b><u>2. Determinación de los parámetros para la selección de truchas</u></b> .....	25 - 50
2.1 Lista de exigencias .....	27
2.2 Secuencia de operaciones.....	28 - 33



2.3 Matriz morfológica.....	33
2.4 Evaluación del concepto solución.....	34 - 39
2.5 Evaluación técnica – económica del concepto solución.....	40 - 42
2.6 Proyecto definitivo.....	43 - 45
2.7 Descripción del concepto definitivo.....	46 - 48
2.7.1 Restricciones técnicas.....	46 – 47
2.7.2 Restricciones económicas.....	47
2.7.3 Restricciones condicionadas por el medio.....	48
2.7.4 Restricciones ergonómicas.....	48
2.7.5 Restricciones de seguridad.....	48
<b>3. <u>Diseño de los elementos de la seleccionadora de truchas</u>.....</b>	<b>49 - 88</b>
3.1 Cálculo de la capacidad de la faja.....	50 - 52
3.2 Calculo experimental de la capacidad.....	52 - 54
3.3 Cálculo de la potencia de la banda transportadora.....	54 - 56
3.4 Cálculo de la potencia del motorreductor.....	56
3.5 Cálculo de la fuerza periférica en el tambor.....	56 - 57
3.6 Selección del diámetro del tambor.....	57 - 58
3.7 Cálculo de la velocidad del tambor.....	59
3.8 Cálculo del torque del eje principal.....	59
3.9 Cálculo de la velocidad de entrada al cardán.....	59 - 60
3.10 Verificación de los ejes de trabajo.....	61 - 74
3.11 Selección del motorreductor.....	64 - 65
3.12 Cálculo de las uniones por forma.....	74 - 75
3.13 Cálculo y selección de rodamientos.....	75 - 78
3.14 Cálculo de la soldadura.....	78 – 85
3.14.1 Calculo de soldadura en el eje secundario.....	78 – 83
3.14.2 Calculo de soldadura en el eje principal.....	83 – 85
3.15 Estructura metálica.....	85 – 86



3.16 Verificación de la tornillería.....	87 - 88
3.17 Selección de la bomba de agua.....	88
<b>4. <u>Estimado de costo de la Maquina</u>.....</b>	<b>89 - 92</b>
<b>5. <u>Planos</u>.....</b>	<b>93 - 94</b>
<b><u>Observaciones y recomendaciones</u>.....</b>	<b>95</b>
<b><u>Conclusiones</u>.....</b>	<b>96</b>
<b><u>Bibliografía</u>.....</b>	<b>97 - 98</b>

### **INDICE DE ANEXOS**

<b>A1) Catálogo de Motorreductor.....</b>	<b>1</b>
<b>A2) Catálogo de bomba de agua.....</b>	<b>2</b>
<b>A3) Catálogo de junta cardánica.....</b>	<b>3</b>
<b>A4) Catálogo de rodamiento SKF.....</b>	<b>4</b>
<b>A5) Catálogo de Buje Taper.....</b>	<b>5</b>
<b>A6) Catálogo de garruchas .....</b>	<b>6</b>
<b>A7) Catalogo Link Belt 1050 .....</b>	<b>7</b>
<b>A8) Cotización de Maquina .....</b>	<b>8</b>

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, la selección de peces no ha sido un trabajo simple para el hombre. En efecto, la selección de los peces se ha realizado con fines comerciales, razón por la cual la selección se ha hecho muy necesaria hasta la actualidad.

Las truchas son criadas de manera muy especial, ya que se las cría en diferentes depósitos para que puedan crecer sin dificultades; y simultáneamente, son clasificadas de acuerdo a sus tamaños mientras éstas van creciendo. Éstas pueden ser alevinos cuando son truchas recién nacidas; pueden ser medianas cuando las truchas son jóvenes, o truchas engordadas cuando ya son adultas. Las truchas arco iris son las que se cultivan en el Perú y existen en diversas clases de, siendo la “Female” la trucha que presenta mejores características ecológicas y de hábitat para su crianza. Las truchas arco iris tienen ventajas para su crianza, ya que son una especie de agua fría y además son adaptables a los espacios confinados; y soportan altas densidades de carga. Asimismo, es un pez domesticado y que resiste el manipuleo durante su crianza. Por otro lado, es un pez que inhibe a las enfermedades cuando tienen una buena condición de cultivo. Desde el punto de vista del consumidor, es un pez con alto poder proteico y con un buen gusto por su carne, lo que es necesario para el desarrollo del ser humano; y desde el punto de vista económico, tiene un alto valor comercial. Dentro de las clases de truchas arco iris se tiene a la trucha Kamloop, Shasta, cabeza de acero, Donaldson, Cofradex y Female, pero como se mencionó, la trucha Female tiene mejores cualidades para su crianza, ya que tiene un crecimiento uniforme, disponibilidad de semillas durante todo el año, una mejor pigmentación y textura de carne; además permite la alimentación superficial, logrando una fácil adaptación a los diferentes medios ambientales y un manejo dócil.

Durante su proceso de crianza las truchas arco iris van pasando por diferentes etapas que se describen brevemente. En general los huevos embrionados son importados de EE.UU; éstos al llegar deben verificarse, midiendo la temperatura a la cual llegan para depositarlos en las respectivas incubadoras, simultáneamente se controla la temperatura del agua que llenan a las incubadoras. Luego, los huevos tardan de 3 a 15 días para la eclosión, dentro de los cuales se extraen los huevos muertos por medio de una bombilla con la finalidad que solo queden los huevos sanos. Luego de eclosionar sigue la fase de los alevinos, los cuales necesitan reposo para su crianza, ya que son muy delicados al cambio de temperatura, razón por la cual se suelen atemperar a los depósitos. Asimismo, en esta etapa los peces

alevinos se nutren del saco vitelino, el cual posee reservas nutritivas y a la par se les da un alimento balanceado en polvillo con frecuencia de 10 a 12 días. Cuando la etapa de eclosión haya terminado se deberá transportar a los alevinos para que puedan crecer en sus diferentes depósitos. El proceso de alevinaje se divide en varias etapas según el tamaño y peso de los peces. En primer lugar, en la etapa de alevinaje inicial los peces pueden alcanzar tamaños hasta los 4-5 cm; en la etapa intermedia de alevinaje los peces pueden alcanzar tamaños hasta los 7,5cm con pesos de 1,5 a 5g; en la última etapa de alevinaje los peces pueden alcanzar tamaños, hasta los 9,5cm con pesos de 5 a 12,5g; en la etapa inicial juvenil los peces pueden alcanzar tamaños de 9,5 hasta los 13,5cm con pesos de 12,5g a 30,7g y en la etapa final juvenil pueden alcanzar tamaños hasta los 17,5 cm con pesos de 30,7 a 60,7g. La última etapa de engorde los peces alcanzan tamaños desde los 17,5 a 30cm con pesos desde 350 a 400g. En esta última etapa los peces son comercializados según sus diferentes cosechas.

Durante las etapas de crianza de los peces se originan crecimientos no uniformes, lo que provoca que algunos depósitos contengan truchas de diferentes tamaños. Esto provoca que las truchas grandes se aprovechen de las más pequeñas ocasionándoles la muerte al comérselas; de hecho, es lo menos conveniente en la crianza por lo que es necesario separarlas para que no sufran daños. Cabe mencionar que la trucha es un animal competidor que en todo el tiempo está cuidando su territorio; esto causa que la trucha sea un animal con agresividad cuando percibe que existen truchas en su territorio. Para separarlas se usan normalmente tecnologías que se usaban antiguamente, siendo la tecnología de caja manual la más utilizada en nuestro país, la cual consta de una caja compuesta de rodillos con aberturas entre rodillo y rodillo; y es por donde ingresan las truchas. Sin embargo, hasta hoy en día se ha visto que esta tecnología ha tenido inconvenientes por las siguientes razones:

- **Tiempo considerable de selección;** es decir, el tiempo de selección es muy extendido, lo que provoca un bajo número de peces seleccionados por hora para su posterior venta.
- **El seleccionador de peces usado actualmente tiene una capacidad limitada,** por este motivo, se usan cajas seleccionadoras con medidas específicas, lo que impide sobrepasar el límite de sus dimensiones. Y por consecuencia limita la capacidad de peces de selección.
- **Eficiencia humana limitada de selección;** es decir, la selección por medio de las cajas seleccionadoras se logran a partir del ajuste de los rodillos, sin embargo, el ajuste elegido tiene probabilidad de falla, ya que se realiza

según la visión humana que dependerá mucho de la experiencia del seleccionador.

- **Probabilidad de que el Pez muera;** es decir, debido a la trayectoria que hace el pez desde la red, en donde se lleva a los peces, hasta que se posicione en la caja es muy probable que el Pez sufra golpes por los choques, ocasionando su muerte.

Las causas mencionadas anteriormente traen como consecuencia la pérdida de dinero por las ventas de las truchas, ya que se pierde la oportunidad de una venta mayor y como consecuencia se tiene un menor ingreso monetario al país.

Por esta razón, el presente proyecto de tesis tuvo el objetivo de diseñar una máquina seleccionadora de truchas automática que contrarreste los inconvenientes mencionados anteriormente con las siguientes características:

- **Rapidez de selección que permita seleccionar un gran número de peces con la finalidad de lograr una mejor crianza y para abastecer todas las ventas futuras posibles.**
- **Mejoramiento en la eficiencia de selección**
- **Buena capacidad de selección. Ya que no se estará limitado a una caja seleccionadora con dimensiones fijas sino que de manera continua se seleccionarán según su posicionamiento en la máquina**
- **Costos al alcance del usuario.**
- **Muy ergonómica al usuario.**

Como se mencionó en el resumen, el método utilizado para el diseño de la máquina es la VDI 2225, el cual contribuirá en gran manera para el diseño de la máquina. En el capítulo 1 se inicia con el estudio del arte de los peces truchas, abarcando sus condiciones de vida y su clasificación general. Luego, se estudia los diferentes sistemas mecánicos que pueden utilizarse para su selección. Seguidamente, se realiza un estudio del arte de las diferentes máquinas seleccionadoras en el mercado mundial y finalmente se describen algunos factores importantes para la selección de los peces. El capítulo 2 comprende los parámetros para el diseño de la máquina, es decir, se detalla la lista de exigencias o requerimientos con los que se diseña a la máquina. Se realizan propuestas de conceptos solución; y se les evalúa técnicamente y económicamente para la elección de la mejor propuesta, siendo esta denominada el concepto solución definitiva. En el capítulo 3 se desarrolla la ingeniería completa de los elementos de la máquina, realizando la selección de componentes necesarios para el diseño de la máquina. En el capítulo 4 se estima el

costo de la máquina según el diseño definitivo, contemplando los procesos de fabricación, los materiales comerciales en nuestro mercado y cotizando la máquina seleccionadora en el mercado mundial de la marca FAIVRE con la finalidad de tener un precio referencial. En el capítulo 5 se presenta una lista de los planos de los elementos de la máquina y el plano general de ensamble, explicando algunas consideraciones para la mejor comprensión del funcionamiento de la máquina. En el capítulo 6 se describió las observaciones y recomendaciones para el presente trabajo y se finalizó con el capítulo 7 y 8 describiendo las conclusiones y la bibliografía utilizada para el estudio del presente proyecto.



# CAPITULO 1

## ESTADO DEL ARTE.

### 1.1 Condiciones de vida del Pez Trucha y su forma de Selección hasta la actualidad.

El pez trucha, por naturaleza, es un pez limpio, ya que éste se desarrolla en aguas frías y limpias de contaminación. Esto hace que la trucha sea considerada, dentro de los peces, como uno de los más comestibles por su limpieza y su alto poder proteico. En el Perú, las truchas arco iris son una especie cuya fecundación es externa y requiere la madurez sexual para que puedan reproducirse. Para las hembras el periodo de tiempo para su madurez es de 2 años mientras que para los machos es de un año y medio. La existencia de este pez, por lo general, puede darse en los ríos de agua clara en ciertas épocas del año que por lo general es en la estación de invierno. Durante sus diferentes etapas en su ciclo de vida son criadas en diferentes depósitos para su posterior comercialización.

Durante su etapa de crecimiento, las truchas por naturaleza, son carnívoras, razón por la cual pueden comerse entre ellas mismas, provocando pérdidas en la comercialización de las mismas. De hecho, estas no tienen la culpa de realizarlo, ya que es su instinto propio para sobrevivir y cuidar su hábitat; por ello, normalmente en los criaderos se les da alimentos en forma de “pellets”. De esta manera, se puede lograr una vida más armónica en el depósito de las truchas. Además, el uso de los pellets es una manera muy adecuada de poder atraerlas, ya que su olfato es muy desarrollado con respecto a otros peces. Por consiguiente, es una ventaja hacer uso de los “pellets” para su alimentación.

En el presente proyecto, se propone en la matriz morfológica utilizar esta forma para atraerlas (a través de los pellets); es decir, si existe la necesidad de la atracción de las truchas. El objetivo fundamental del presente proyecto requiere realizar el diseño de una máquina que clasifique a los peces a través de un sistema de selección. El diseño se obtuvo en los siguientes capítulos y se explica con más detalle a través de la obtención del concepto solución definitivo.

Así mismo, las truchas se caracterizan por ser muy veloces, lo que hace un poco más dificultoso su captura.

Es importante mencionar que dentro de la familia de las truchas se encuentran las recién nacidas, más conocidas como alevines, cuya medida suele estar entre los 2 a 3 cm mientras que las grandes pueden estar entre 40 a 60cm. En los ríos, el



tamaño de las truchas suele estar entre los 60 a 90cm. En el Perú, las truchas arco iris suelen alcanzar tamaños hasta los 30cm, pasando por diferentes etapas en su ciclo de vida.

Esta clase de pez pasa por un proceso de crecimiento que dura aproximadamente 11 meses hasta antes de su comercialización. En primer lugar, se importan las ovas embrionadas de grandes empresas americanas cuya especialidad es obtener grandes plantales de peces con mejor crecimiento, ganancia de peso y resistencia a enfermedades. Las ovas llegan perfectamente desinfectadas y poseen una garantía de certificación sanitaria que asegura la no presencia de enfermedades. Los huevos que llegan se manejan en una caja denominada "master" aseguradas con cintas adhesivas y grapas metálicas. Esta caja está compuesta por 8 bastidores de poliestireno de los cuales 6 poseen huevos embrionados. Luego que están en las cajas, éstas se abren con la finalidad de medir su temperatura y saber si se necesita atemperar las incubadoras. En este mismo proceso se realiza un conteo rápido de las ovas aplicando distintos métodos y por último se van eliminando las ovas muertas hasta el momento de la eclosión. En la segunda etapa que va desde los 3 a 15 días las ovas eclosionan y pasan a la etapa larvaria. En esta etapa los alevinos son muy delicados y necesitan ser cuidados al detalle, controlando la temperatura y suministrando el saco vitelino cuya función es nutrir al alevino hasta la siguiente etapa de su crecimiento. La frecuencia de alimentación es de 10 a 12 días con la finalidad de asegurar su buen crecimiento. Esta etapa suele durar de 15 a 30 días. En la siguiente etapa durante el crecimiento de los alevinos, estos deben ser transportados con mucho cuidado a sus depósitos respectivos. En base a la experiencia de los piscicultores se ha decidido que los alevinos sean separados en tres sub etapas. En la primera etapa, en la cual el alevino llega con una talla de 2,5 cm aproximadamente suele llegar hasta los 4 o 5cm de estatura, teniendo un peso en el rango de 0,19 a 1,5g, respectivamente. Se les da comida balanceada que contienen alrededor de 45% de proteína. Las dimensiones de las jaulas usadas para esta sub etapa son de 2,5x1,5x1m. La duración de esta etapa es aproximadamente de 1 mes. En la siguiente sub etapa el alevino puede alcanzar hasta los 7,5cm, teniendo un peso en el rango de 1,5 a 5g; y las jaulas utilizadas en este caso son de dimensión 3x3x2m. De igual manera en esta sub etapa se suele alimentar al alevino de alimentos con 45% de proteína, habiendo al final una tasa de mortalidad del 1%. En la última sub etapa el alevino puede llegar a medir desde los 9,5 hasta los 13,5cm, teniendo un peso promedio entre los 12,5 a 30,7g, respectivamente. La frecuencia de alimentación es distribuida diariamente de 3 a 4 veces. La dimensión de la jaula de cultivo en la última sub etapa suele ser de



5x5x3m. Cabe hacer mención que durante las etapas mencionadas anteriormente no necesariamente existen uniformidad de crecimiento por lo que se deben ir seleccionando los alevinos adecuados para cada depósito según sea su tamaño con la finalidad que los alevinos grandes no se aprovechen de los más pequeños. La siguiente etapa es la denominada “juvenil inicial”, donde las tallas de cultivo suelen estar en el rango de 9,5 a 13,5cm con pesos promedio desde los 12,5 a 30,7g, respectivamente. El alimento suministrado debe ser balanceado alrededor con un 42% de proteína con una distribución de 3 veces por día. La mortalidad estimada para esta etapa es de 0.3%. En la siguiente etapa “juvenil final” los peces suelen alcanzar tallas hasta los 17,5cm con un rango de pesos desde los 30,7g a 67g. Las dimensiones para esta etapa son de 5x5x3m o 5x5x4m; y la duración de esta etapa es dos meses.

La etapa final del pez es denominada “engorde” en donde las truchas alcanzan su tamaño comercial que van desde los 17,5 hasta los 30cm con un estimado de peso desde los 350 a 400g. Esta etapa tiene una duración de 5 meses, dependiendo de la talla comercial que se requiera cosechar. Las dimensiones de la jaula para este caso son de 5x5x5m o incluso suelen haber jaulas de 10x10x4m, dependiendo del abastecimiento en el lugar.

Durante todas las etapas juveniles y de engorde se suministran a los peces alimentos hechos en base a proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. Estos deben ser suministrados de forma equitativa en los depósitos para lograr un crecimiento uniforme en cada uno de ellos.

Como se mencionó, durante el proceso de crecimiento de las truchas, existen irregularidades en sus tallas mientras van creciendo, razón por la cual necesariamente deben ser separadas para evitar que sufran daños. Por esta razón, actualmente existen máquinas clasificatorias que se encargan de seleccionar las truchas para facilitar su proceso de crianza. Indudablemente, al no realizar una selección durante el proceso de crianza significará que no se obtendrá la cantidad de peces truchas pronosticadas desde la etapa inicial de alevinaje y además se perdería dinero aportado para la compra de los huevos embrionados, ya que desde un primer momento se obtuvo de importación.

De hecho, existen tecnologías que se describirán en los siguientes apartados. Estas tecnologías, en su mayoría, son muy eficientes en la selección de los peces para el mejoramiento de su crianza.

Finalmente, desde hace muchos años se viene trabajando con un sistema de clasificación de las truchas que está basado principalmente en la selección manual. En países de Europa, principalmente en Francia, se posee una máquina

automatizada seleccionadora de truchas cuyo funcionamiento es básicamente a través de una bomba denominada “PIN PIN”, la cual se explica con más detalle en la apartado 1.3. En el Perú existen depósitos pre clasificatorios, en los cuales, se poseen los peces clasificados por tamaños, de acuerdo al depósito utilizado. Posteriormente, estos son criados un tiempo para su posterior venta.

En el presente trabajo de tesis, la crianza de los truchas arco iris es una información relevante para la solución del diseño de la máquina seleccionadora de los peces.

A continuación, en la figura 1.1 y 1.2 se muestra alguna toma hechas de peces truchas en criaderos y en ríos así como su selección en diferentes depósitos.



Figura 1.1 Pez trucha en río<sup>1</sup>

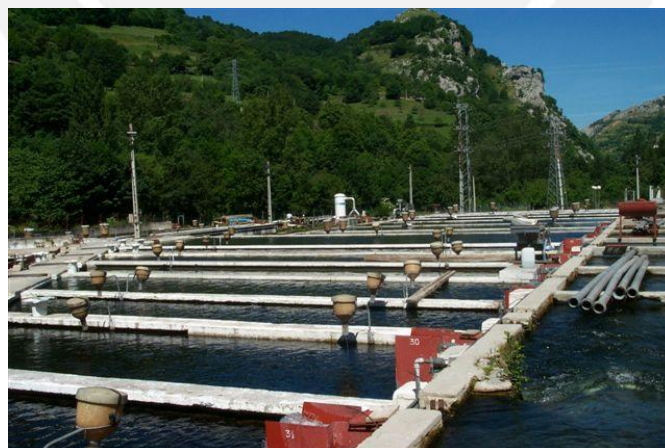


Figura 1.2 Criaderos de peces Truchas<sup>2</sup>

Para el sistema (mecanismo) de selección se requiere conocer las longitudes de los peces en su mayoría, y aún más, en este caso particular del pez trucha cuya comercialización dependerá de eso.

### **1.2 Clasificación de las truchas por clase, peso y tamaño**

<sup>1</sup> Disponible en [<http://spanishfauna.blogspot.com/2011/01/salmo-trutta-trucha-comun-pez.html>] F. acceso: 17-04-2012

Tabla 1.1 Longitudes y pesos de truchas<sup>3</sup>

Trucha de arroyo	
longitud (Pulgadas)	peso (Lbs)
10	0.6
10.5	0.7
11	0.8
11.5	0.1
12	0.11
12.5	0.12
13	0.14
13.5	1
14	1.2
14.5	1.4
15	1.6
15.5	1.8
16	1.11
16.5	1.14
17	2
17.5	2.4
18	2.7
18.5	2.1
19	2.14
19.5	3.2
20	3.6
20.5	3.1
21	3.15
21.5	4.3
22	4.8
22.5	4.13
23	5.3
23.5	5.9
24	5.15
24.5	6.5
25	6.12

Brown Trout	
longitud (Pulgadas)	peso (Lbs)
12	0.01
12.5	0.12
13	0.13
13.5	0.15
14	1.1
14.5	1.3
15	1.5
15.5	1.7
16	1.9
16.5	1.12
17	1.14
17.5	2.1
18	2.4
18.5	2.7
19	2.11
19.5	2.14
20	3.2
20.5	3.6
21	3.1
21.5	3.14
22	4.3
22.5	4.8
23	4.12
23.5	5.2
24	5.7
24.5	5.13
25	6.3
25.5	6.9
26	6.15
26.5	7.6
27	7.13
27.5	8.4
28	8.12
28.5	9.3
29	9.11
30	10.12

Trucha arco iris	
longitud (Pulgadas)	peso (Lbs)
12	0.1
12.5	0.11
13	0.12
13.5	0.14
14	1
14.5	1.1
15	1.3
15.5	1.5
16	1.7
16.5	1.1
17	1.12
17.5	1.15
18	2.1
18.5	2.4
19	2.7
19.5	2.11
20	2.14
20.5	3.2
21	3.5
21.5	3.9
22	3.13
22.5	4.2
23	4.6
23.5	4.11
24	5
24.5	5.5
25	5.11
25.5	6
26	6.6
26.5	6.12
27	7.2
27.5	7.9
28	8
28.5	8.7
29	8.15
30	10

Trucha de lago	
longitud (Pulgadas)	peso (Lbs)
15	1
15.5	1.2
16	1.4
16.5	1.6
17	1.8
17.5	1.11
18	1.13
18.5	2
19	2.3
19.5	2.6
20	2.9
20.5	2.12
21	3
21.5	3.4
22	3.8
22.5	3.12
23	4
23.5	4.5
24	4.9
24.5	4.15
25	5.4
25.5	5.9
26	5.15
26.5	6.5
27	6.11
27.5	7.2
28	7.8
28.5	7.15
29	8.7
30	9.6
31	10.7
32	11.8
33	12.11
34	14
35	15.5
36	16.12

<sup>3</sup>Empresa JRW Fishing [Disponible en [http://jrwfishing.com/fish\\_sizes.asp](http://jrwfishing.com/fish_sizes.asp)]. Tabla de comparación de truchas. F.acceso: 20-04-2012

La tabla 1.1 muestra la relación del peso con el tamaño del pez trucha de manera general, es decir, de forma promedial en varios países del mundo productores de trucha. Esta información es de gran ayuda para el dimensionamiento de las partes principales de la máquina cuya función esta enlazada directamente con la selección de las truchas.

Gracias a la investigación y servicios de acuicultura de FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero), se muestra otra tabla 1.2, en la cual se indica la relación del tamaño con el grosor de las truchas arco iris del Perú. Esta información es de gran utilidad para el diseño de la máquina seleccionadora de truchas.

Tabla 1.2 Numero de seleccionadores<sup>4</sup>

### NÚMERO DE SELECCIONADORES EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DEL PEZ

Selección N° (Separación en mm)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	24	26
Peso unitario (g)	4.10	6.53	17.32	24.00	45.47	72.00	87.81	121.13	195.00	218.00	246.40	320.60	350.00
Talla unitario (cm)	6.40	7.87	11.00	12.88	14.60	18.10	18.29	20.30	23.00	23.50	25.50	27.38	30.00

### **1.3 Sistemas mecánicos que podrían utilizarse para la selección de peces.**

Para realizar el mecanismo de selección de peces, los sistemas a emplear, principalmente podrían ser: sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos o solamente manuales, y a su vez, estos podrían estar contribuidos del funcionamiento de un sensor. En efecto, esto depende de los requerimientos de la máquina.

#### **1.3.1 Sistemas Hidráulicos**

Un sistema hidráulico es caracterizado por usar un fluido, cuyo trabajo es ejercer presión sobre cierto componente transmitiéndole una potencia. El sistema hidráulico podría ser utilizado en la tecnología Visión Máquina que se describe en el apartado 1.4.7 donde se utilizan cilindros pistones neumáticos para la posterior clasificación de los peces con la finalidad de extraer su aleta adiposa. Podría realizarse el cambio a pequeños pistones hidráulicos para su posterior clasificación. En este caso, la clasificación sería más lenta.

De hecho, para estos tipos de sistemas se suelen utilizar filtros para la limpieza del fluido, ya que este por lo general contiene impurezas.

Las ventajas de un sistema hidráulico son las siguientes:

<sup>4</sup>Manual de cultivo de trucha Arco Iris en Jaulas Flotantes. Edición 2004. Página 73

- Las fuerzas pueden regularse de manera continua
- El aceite se adapta fácilmente a las tuberías transmitiendo una gran fuerza.
- Los elementos empleados son reversibles, además que se pueden emplear en marcha.
- Hay pocas piezas en movimiento, entre ellas, la bomba, los motores y cilindros.
- Multiplicación de fuerzas, como por ejemplo en la prensa hidráulica.
- El costo de los elementos son relativamente altos.

Dentro de las aplicaciones de un sistema hidráulico, tenemos las siguientes:

- La prensa hidráulica
- El “gato hidráulico”
- Transmisión hidráulica en las sillas de la peluquería
- Frenos hidráulicos
- Pala de una niveladora para construcción
- Aplicación de Visión Máquina mediante la utilización de Pistones hidráulicos.

### **1.3.2 Sistema Neumático**

Un sistema neumático está caracterizado por que usa el aire comprimido como medio de trabajo, a través de un sistema cilindro pistón puede convertir la energía proveniente del aire a una energía con un movimiento lineal. Como se mencionó anteriormente, el sistema neumático para la selección de peces es aplicado para la tecnología de Visión Máquina, en el cual existen cilindros pistones neumáticos que impulsan, a través de la presión del aire, al pez con la finalidad que este sea seleccionado rápidamente según su tamaño a través de una cámara digitalizada.

Las ventajas de un sistema neumático son las siguientes:

- Se posee aire ilimitado y se encuentra disponible gratuitamente en cualquier lugar.
- Puede ser almacenado en tanques a una alta presión para su utilización posterior.
- La limpieza del aire es considerable en estos tipos de sistemas.
- Se obtienen velocidades muy altas al momento de la aplicación.
- Elementos de fácil diseño y conexión.

Dentro de las aplicaciones de un sistema neumático tenemos a las siguientes:

- En las maquinas textiles.
- Ventiladores de cuidados intensivos.
- Mando de puerta.
- Embotellado de productos.



- Selección de peces a través de la tecnología Visión Máquina.

Para estos sistemas, tanto hidráulico como neumático, existen componentes fundamentales que ayudan al funcionamiento de las mismas y estas son conocidas como las válvulas.

Las válvulas pueden ser de varios tipos según el funcionamiento requerido entre ellas; las más importantes e interesantes para el presente proyecto son las siguientes:

- Válvula limitadora de presión
- Válvula reguladora de caudal
- Válvula de bloqueo
- Válvulas distribuidoras
- Válvula de cierre

La válvula limitadora de presión tiene la función de aliviar de una presión muy alta a cierta parte del conducto de fluido y además funciona como una válvula de retorno para el fluido.

La válvula distribuidora se encarga de direccionar al fluido por ciertos conductos, llamados vías.

También es importante mencionar otros componentes importantes que pudieron ser de mucha utilidad al desarrollo del proyecto. A continuación se describirá a la **Bomba PIN PIN** y el comportamiento de un **tornillo de Arquímedes**; y las ventajas que ambas poseen.

### **1.3.3 Bomba “PIN PIN”**

La bomba “PIN PIN” es un equipo muy utilizado para poder trasladar peces de un lado a otro; la finalidad de esta bomba es ayudar a llevar en base a una presión a varios peces desde los criaderos a un lugar definido. Se caracteriza por permitir un suave traslado de peces a través de conductos muy pulidos, de tal manera de no dañar a los peces. Así mismo, se puede regular el caudal de peces a través de una válvula de regulación. Lo que hace confiable a esta bomba “PIN PIN” es su fácil maniobrabilidad y son muy eficientes en el trato de peces.

Las distancias de impulso de estas bombas pueden llegar hasta los 500m de distancia, la maquina posee un diseño simple y confiable. Y trabaja con un motor a 220 V. En la figura 1.3 se muestra la Bomba “PIN PIN” utilizada para la dirección de los peces.



Figura 1.3 Bomba Pin Pin<sup>5</sup>

Así como los sistemas antes descritos, la bomba “PIN PIN” forma parte de la lista de exigencias como un deseo en la solución para el diseño de la máquina seleccionadora de truchas.

#### **1.3.4 Elevador de peces (Basado en el principio de Arquímedes)**

El elevador de peces es un dispositivo cuya función es impulsar a los peces hacia arriba en distintos ángulos que el usuario lo requiera, su principio de funcionamiento está basado en el tornillo de Arquímedes, su función principal es elevar el agua hacia pendientes difíciles. Por esta razón, su diseño tiene valor porque permite impulsar el agua hacia arriba y de la misma forma a los peces.

En la actualidad existen ventas de estos dispositivos para elevar los peces, su venta esta principalmente en Europa. Y existen de diferentes tamaños según el peso de los peces a transportar.

En la figura 1.4 se muestra la figura del elevador de peces que muestra una fotografía tomada en Francia por la empresa FAIVRE. Este equipo suele tener dimensiones de 5m de longitud, dependiendo del requerimiento del cliente. Además contiene una bandeja por donde caen los peces antes de su transporte a su destino final.

La empresa FAIVRE de origen francés brinda servicio a través de la venta de componente y maquinas que facilitan la selección de los peces.

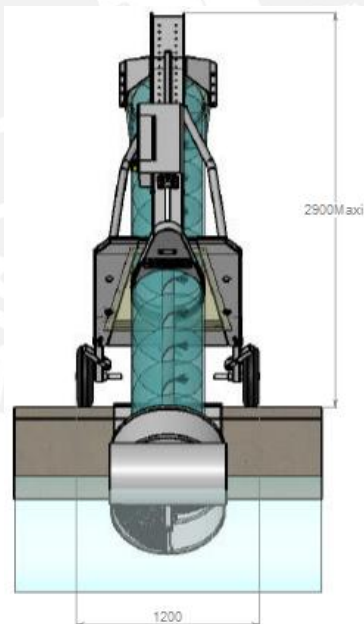
---

<sup>5</sup>Disponible en [<http://aqua.culture.technolab.com.au/uploads/file/Impex/Pin%20Pin.pdf>] F. acceso: 20-04-2012




 Figura 1.4 Elevador de peces<sup>6</sup>

En la figura 1.5 se muestra al elevador de peces en una vista diferente señalando sus diferentes partes; como se puede observar la pendiente de inclinación puede ajustarse mediante la palanca inferior del elevador.


 Figura 1.5 Modelo de elevador<sup>7</sup>

#### **1.4 Sistemas de Selección para peces utilizados en la actualidad**

En la actualidad existen sistemas seleccionadores de salmón, entre los cuales se pueden mencionar a los siguientes:

<sup>6</sup> Empresa FAIVRE. Disponible en [<http://www.faiivre.fr/fish-elevator/fish-elevator.html>]. F. acceso: 23-04-2012

### 1.4.1 Sistema de selección manual

Los seleccionadores manuales son adquiridos básicamente por las personas cuyos recursos económicos son bajos, además estos tienen un proceso de fabricación a un bajo costo, y como consecuencia, son muy fácilmente utilizables por los usuarios.

El seleccionador manual en general está compuesto de los siguientes componentes:

- Cajón Seleccionador:

Esta construido de madera impregnado, resistente al agua con acero galvanizado, las demás piezas son inoxidable, entre ellos, el latón y el aluminio. Poseen unas barras de separación en la parte inferior, las cuales pueden regularse por medio del accionamiento de un botón con el pulgar desde la manilla del cajón. El aparato se empuja diagonal, formando un rombo. Las barras de separación pueden desplazarse muy fácilmente. Este tipo de equipo es utilizado actualmente en muchos países para la selección de peces. En el Perú aún se utilizan las cajas seleccionadoras, pero como se mencionó anteriormente, no es el más eficiente. Los cajones seleccionadores son de diferentes medidas según el rango de abertura de la separación de rodillos. Esto dependerá del requerimiento de selección.



Figura 1.6 Cajón seleccionador indicando su desplazamiento<sup>8</sup>

En la figura 1.6 se muestra la caja seleccionadora de la marca AGK que actualmente se vende en el mercado mundial para la selección de peces. La marca AGK también vende diversos productos para la selección de peces; en su mayoría son manuales.

<sup>8</sup> Empresa FAIVRE. Disponible en [<http://www.faivre.fr/fish-elevator/fish-elevator.html>]. F. acceso: 23-04-2012

- Parrilla Seleccionadora: La parrilla seleccionadora cumple la función de realizar la separación de los peces a través de una mesa seleccionadora, en donde se encuentra la parrilla. Generalmente se usa para peces pequeños, los cuales pueden salir por un tubo. A continuación se muestra una imagen de una mesa seleccionadora muy comúnmente utilizada, así como su respectiva parrilla seleccionadora.



Figura 1.7 Parrillas seleccionadoras<sup>9</sup>

En la figura 1.7 se muestra otros productos de la marca AGK cuyas funcionalidades obedecen al mismo criterio de selección de la caja seleccionadora; es decir, por medio de la abertura de los rodillos para los distintos rangos a medir.

- Canastillos seleccionadores: De la misma forma, se pueden utilizar canastillos seleccionadores juntamente con las parrillas seleccionadoras acopladas, además, adicionándole un sistema de aberturas según sea el tamaño a seleccionar. El canastillo comúnmente está hecho de Poliéster con fibra de vidrio reforzado. Las rejillas son fácilmente intercambiables. En la figura 1.8 se muestra una figura del canastillo.



Figura 1.8 Canastillo Seleccionador<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Empresa AGK. Disponible en <http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20orting%20utilities.pdf>. acceso: 25-04-2012

<sup>9</sup> Empresa AGK. Disponible en <http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20orting%20utilities.pdf>. acceso: 25-04-2012

### 1.4.2 Sistema de selección semiautomática

El presente sistema de selección se basa en la selección de peces en ausencia de electricidad; pero a la vez, la selección de los peces se realiza directamente con los embudos acoplados con parrillas de diferentes tamaños de aberturas entre rodillo y rodillo. Así mismo la cantidad de parrillas dependerá de la cantidad de selecciones que se hará según el tamaño de los peces. De esta forma, la seleccionadora semiautomática solo requerirá de una cantidad considerable de agua. Es importante mencionar que cada tolva embudo cuenta con un tubo de diámetro 120 mm para la trayectoria de los peces. En la figura 1.9 se muestra una imagen de la máquina.



Figura 1.9 Máquina semiautomática<sup>11</sup>

Así mismo el procedimiento para selección de peces por medio de esta máquina es como se muestra a continuación.

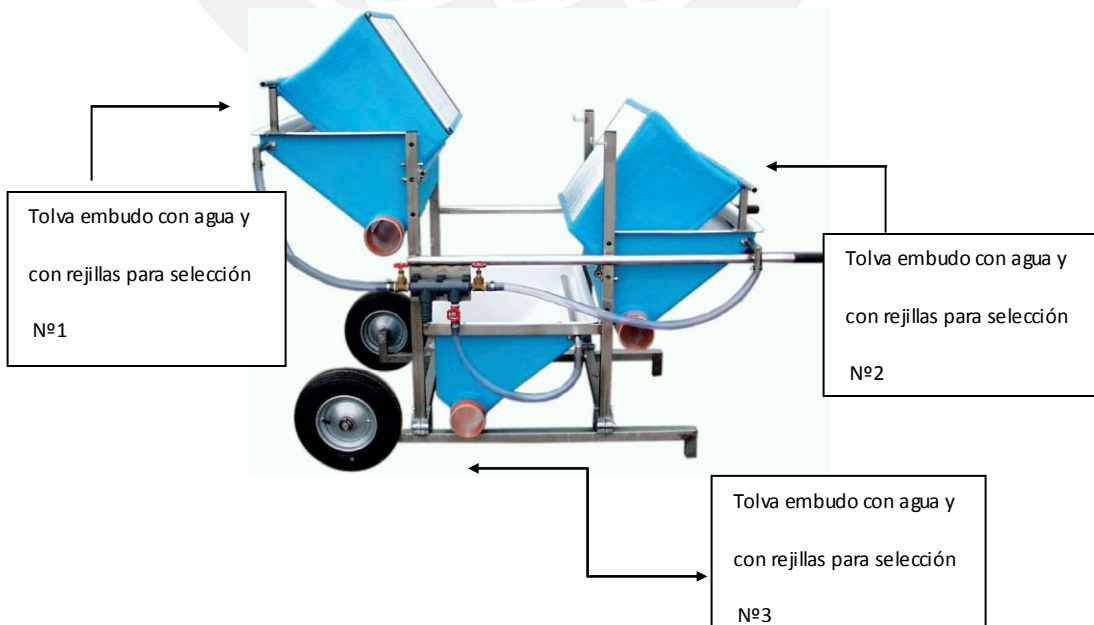


Figura 1.10 Procedimiento semiautomático<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Disponible en [<http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20sorting%20utilities.pdf>] F. acceso: 25-04-2012

<sup>11</sup> Disponible en [<http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20sorting%20utilities.pdf>] F. acceso: 25-04-2012

Como se puede observar en la figura 1.10, se empieza por la primera parrilla en la parte superior, echando el agua correspondiente, luego de ese paso solo quedaran los peces grandes, mientras que los medianos pasaran al siguiente tolva embudo. De la misma forma ocurre con la siguiente parrilla seleccionadora, terminando con la última parrilla donde quedan los peces más pequeños. De esta forma se ha seleccionado los peces en tres tamaños.

#### 1.4.3 Sistema de Selección automática por bandas transportadoras

En esta máquina automática, el trabajo del ser humano ya no es necesario, sino solo encender la máquina para su funcionamiento. La presente máquina está conformada por varios elementos, entre ellos los más importantes, las válvulas de agua, la cinta transportadora, mangueras, entre otros componentes, a continuación en las figuras 1.11 y 1.12 se muestra la máquina.

El funcionamiento de la máquina se inicia desde la tolva de alimentación de peces al cual se le suministra agua por medio de una manguera, tal y como se muestra en la figura 1.11, luego los peces uno por uno van ingresando por el conducto y son llevados a través de una banda transportadora. Luego, los peces que son transportados caen hacia los diferentes recipientes según el espesor de su cuerpo y con la ayuda de unas tuberías son direccionados hacia los distintos depósitos que se tienen para cada uno de ellos.



Figura 1.11 Máquina automática<sup>13</sup>

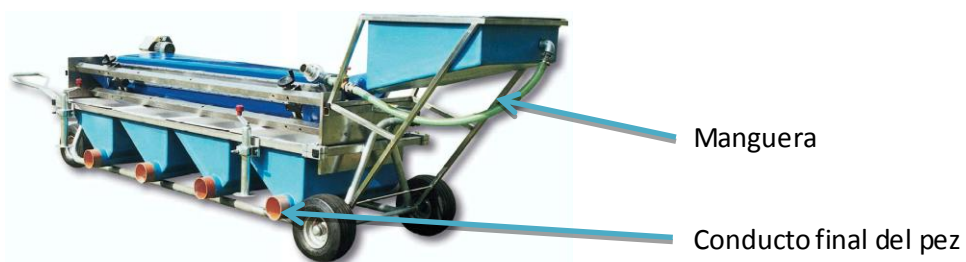


Figura 1.12 Modelo de máquina automática<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Disponible en <http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20sorting%20utilities.pdf> F. acceso: 14-05-2012



#### 1.4.4 Sistema de Selección por rodillos

El sistema que se presenta a continuación está siendo muy utilizado en la actualidad debido a la gran demanda de peces que existe, básicamente el sistema funciona a partir de una alimentación a una caja receptora de los peces, posteriormente estos pasarán hacia los rodillos regulables según calibres y se seleccionan a través de la abertura de los rodillos rotatorios.

El principio de funcionamiento de este tipo de máquina está centrado en la clasificación de pescado por medio de rodillos regulables, tal y como se muestra en la figura 1.14. El proceso se inicia a través de una bandeja grande donde son colocados todos los peces. Luego, los pescados son transportados a través de un ascensor, tal y como se muestra en la figura 1.13. Una vez que llegan hacia el recorrido final son puestos en una zaranda donde son removidos hasta que caigan a los rodillos de selección.

Entre las máquinas más conocidas que seleccionan por medio de rodillos rotatorios se tiene a la máquina ROLLER GRADER que se muestra en las figuras de la parte inferior.

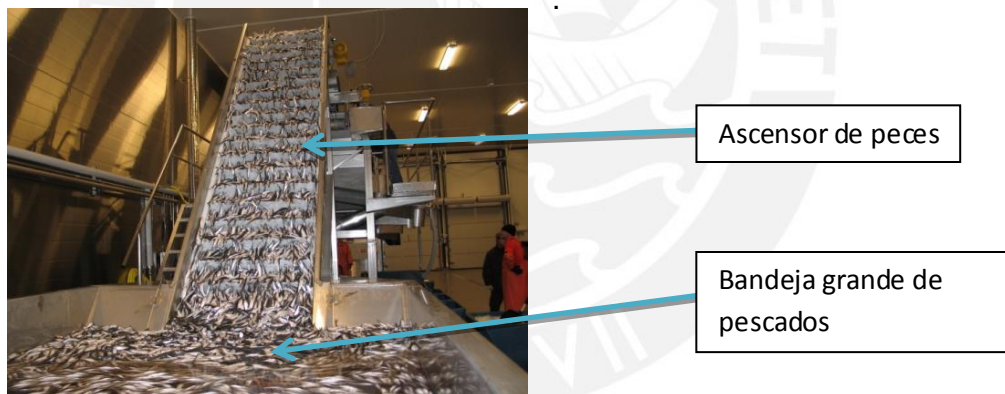


Figura 1.13 Ascensor de pescados<sup>15</sup>

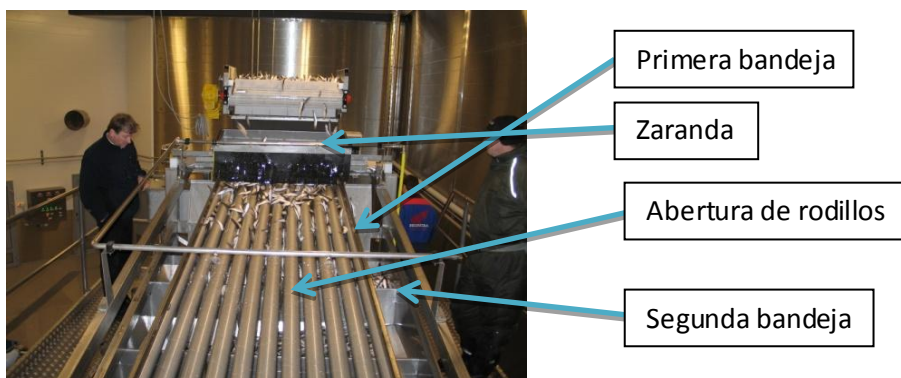


Figura 1.14 Máquina con rodillos<sup>16</sup>

<sup>13</sup> Empresa AGK. Disponible en <http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20orting%20utilities.pdf>

<sup>14</sup> Empresa AGK. Disponible en <http://www.agk-kronawitter.de/shop/agk/pdf/fishing%20orting%20utilities.pdf>

### 1.4.5 Sistema de Selección por canaletas

Estos tipos de sistemas son parecidos a los sistemas con rodillo rotatorio con la diferencia que realizan su sistema de selección a través de una pared en forma de V. En lo que respecta a lo demás, funciona de igual manera en el sistema de seleccionamiento. El principio de funcionamiento está centrado en la selección de peces a través de las canaletas como se muestra en la figura 1.18 por donde el pez se direcciona con la ayuda de barras que se desplazan a lo largo de la trayectoria horizontal de la máquina hasta caer según el espesor de su cuerpo. Así los peces pasan por los diferentes canales de selección.

Entre las más conocidas tenemos a la marca FAIVRE, marca francesa, esta marca ofrece una variada gama de máquinas seleccionadoras dependiendo del tamaño de los peces a seleccionar, es decir el rango de pesos a seleccionar. En las figuras 1.15 y 1.16 se muestra la figura de la máquina.

Barras que ayuda al movimiento del pez trucha.

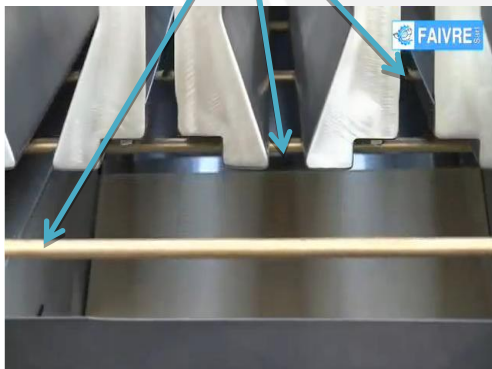
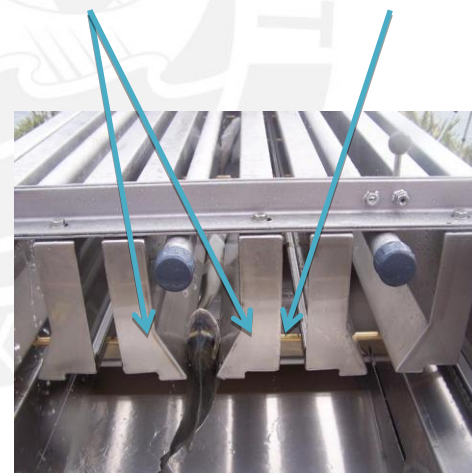


Figura 1.15 Máquina FAIVRE – Barra<sup>17</sup>

Canaletas formando "V" por donde ingresa la trucha.



Barra que empuja la trucha

Figura 1.16 Trucha entre canaleta<sup>18</sup>

### 1.4.6 Sistema de selección giratorio por medio de turbina rotatoria

El sistema giratorio seleccionador consta de una rueda con álabes, por los cuales caen los peces una vez que haya salido del alimentador. Esto se aprecia en las figuras 1.17 y 1.18. Las ventajas de estos sistemas es que tienen una alta eficiencia, altura ajustable, salidas multidireccionales, regadera integrada entre otras cosas. Actualmente es utilizada en Chile hasta algunos pocos años atrás.

<sup>15</sup> Empresa MILANESE. Disponible en [[http://www.timars.se/fish\\_process\\_roller\\_grader.htm](http://www.timars.se/fish_process_roller_grader.htm)] F.acceso: 16-05-2012



El sistema pertenece a la empresa VAKI, y sus estándares se venden en dos diámetros, de 96 y 140 cm. Además este sistema posee un filtrador de peces, puesto con el motivo de que la cantidad de peces no se llegue a saturar.

En las figuras 1.17 y 1.18 se muestran imágenes del seleccionador giratorio.

Canal giratorio con abertura por donde el pez cae mientras gira la

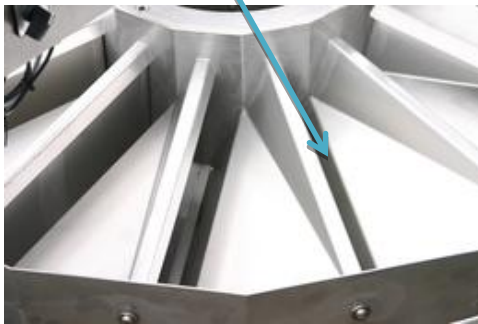


Figura 1.17 Turbina rotatoria<sup>19</sup>

Bandeja alimentadora de peces

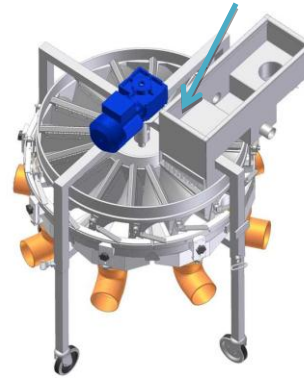


Figura 1.18 Turbina rotatoria<sup>20</sup>

#### **1.4.7 Sistema de Selección de peces usando la tecnología Visión Máquina**

El sistema de selección por visión máquina, en este caso, empleado por el departamento de NORTHWEST fue hecho con la finalidad de recortar la aleta adiposa característica de los peces. Particularmente, se seleccionó los peces salmónidos pequeños en longitud. La necesidad de recortar esta aleta adiposa de los peces nace del interés de las personas con más experiencias para conocer más acerca de las crías de las truchas y alevines.

El sistema está conformado por varios componentes mecánicos y electrónicos, y cada uno de ellos tiene una función en particular en la máquina. Cuenta además con mecanismos de sujeción, con un cortador de aletas adiposas. Entre los componentes electrónicos se tiene un sistema de imagen, un dispositivo de control de calidad, un sistema de conteo de los peces a través de puertos donde van ingresando los peces. El principio de funcionamiento de la máquina comienza a partir del impulso o bombeo de los peces a través de una bomba PIN PIN desde los depósitos de peces tal y como se muestra en la figura 1.19; luego del bombeo, los peces irán ingresando a un sistema electrónico de selección dónde serán clasificados según sus tamaños. La tecnología de selección está basada en la captura de imágenes por medio del computador, tal y como se muestra en la figura 1.20. Luego de la captura de la imagen, algunos de los pistones neumáticos que se muestran en la figura 1.21 recibirán la información de la longitud del pez y

<sup>17</sup> Empresa FAIVRE. Disponible en <http://www.faivre.fr/fish-elevator/fish-elevator.html> F. acceso: 18-05-2012

comenzarán a impulsar aire hacia las paletas que se encuentran en la parte final de los pistones. Estas paletas funcionan como canales de ingreso al pez, tal y como se muestra en la figura 1.21. Finalmente, una vez que el pez se localice en el canal respectivo pasará a un conducto que lo direccionará hacia su bandeja respectiva, tal y como se muestra en la figura 1.23.

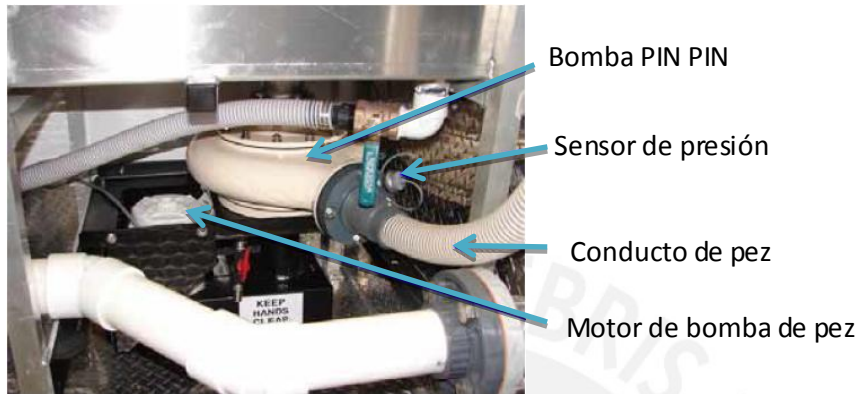


Figura 1.19 Bomba PIN PIN<sup>21</sup>



Figura 1.20 Imagen en el computador<sup>22</sup>

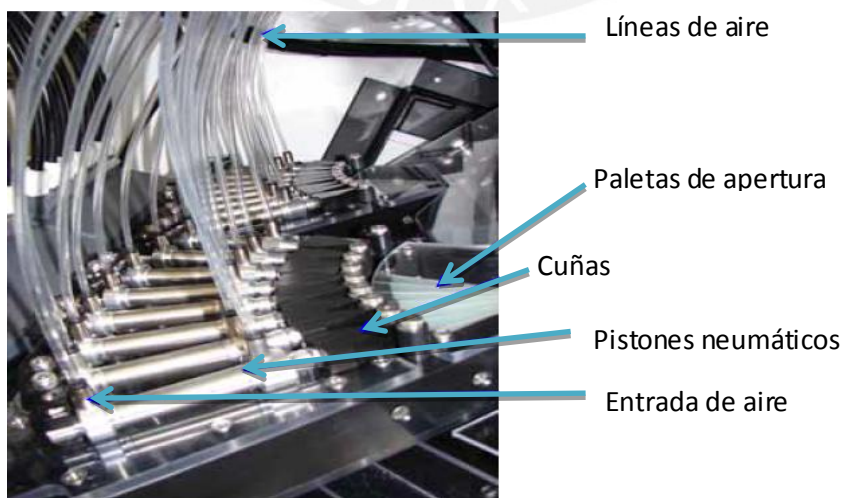
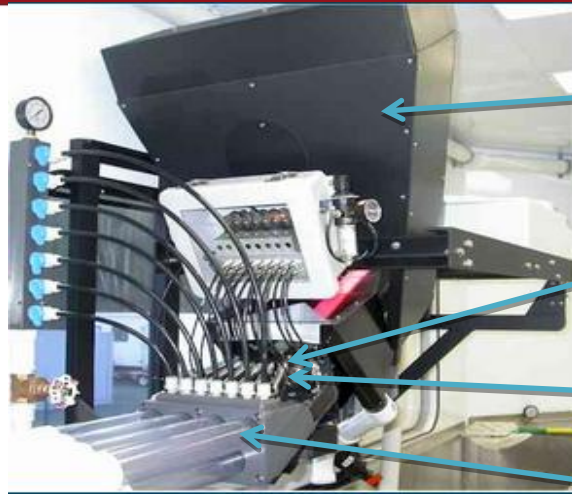


Figura 1.21 Pistones neumáticos<sup>23</sup>

<sup>19</sup> Empresa VAKI. Disponible en [<http://www.vaki.is/Products/FishGrader/TechnicalSpecification/1>].F. acceso: 20-05-2012

<sup>20</sup> Empresa VAKI. Disponible en [<http://www.vaki.is/Products/FishGrader/TechnicalSpecification/1>].F. acceso: 20-05-2012



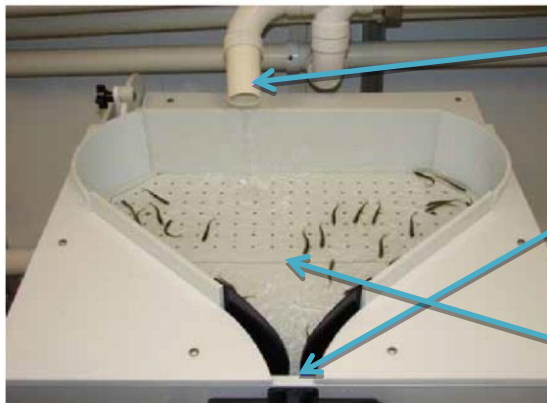
Sistema electrónico de selección.

Paletas que permiten el ingreso del pez al conducto.

Sistema de pistones neumáticos.

Conducto por donde va el pez.

Figura 1.22 Sistema electrónico de selección<sup>24</sup>



Conducto por donde se dirige el pez

Entrada para recorte de la aleta adiposa del pez

Bandeja de alimentación

Figura 1.23 Bandeja de peces<sup>25</sup>

## **1.5 Factores a tomar en cuenta para la selección de peces**

Para una buena selección de los peces se debe tener en cuenta muchos factores, entre ellos, hasta la actualidad se han tenido problemas con los siguientes:

### **1.5.1 Materiales de construcción:**

Los materiales con el cual están hechos los sistemas seleccionadores; entre ellos el de rodillos son de acero inoxidable, lo que los hace seguro para cualquier tipo de ataque de oxidación. Sin embargo, la constante exposición al sol genera que los materiales puedan dilatarse, lo que provoca los fallos en el sistema seleccionador, dado que debe cambiarse los rodillos por otros. De igual forma ocurre con el sistema giratorio o turbina giratoria donde la rueda puede dilatarse, razón por la cual, los álabes pueden deformarse dando como resultado final una mala selección de peces. Para el presente trabajo se tuvo en consideración que la máquina

<sup>21</sup> Disponible en [<http://www.nmt.us/test/products/products.shtml>] Fecha de acceso: 28-05-2012

seleccionadora de truchas trabajará en el campo abierto; muy cerca a los criaderos y expuestos al sol. Actualmente los criaderos se encuentran en Huancayo en la localidad de INGENIO y también se encuentran en Cajamarca.

### **1.5.2 Daños mecánicos y estrés a los peces:**

Los peces por lo general puede sufrir hematomas a lo largo de su recorrido por la máquina, y esto trae como consecuencia la mortalidad del pez. De hecho, el principal motivo de los hematomas y muertes de los peces es a causa de los golpes que sufren al momento de ser seleccionados, chocando en mala manera con los rodillos.

### **1.5.3 Calibración inicial y durante el proceso de selección:**

La calibración juega un papel fundamental en la selección de los peces, razón por la cual, debe ser lo más exacta posible. Sin embargo, durante la experiencia ocurre que al seleccionar los peces, la calibración es variable dado que el ajuste de dos operarios trabajando conjuntamente no tienen el mismo ajuste para una misma máquina. Por otro lado, la experiencia debe ser un requisito fundamental para operar la máquina, en caso contrario, se tendrá que volver a repetir la selección y esto significa pérdida de tiempo.

### **1.5.4 Cantidad de peces a seleccionar:**

Otro de los problemas muy comunes en la actualidad es la alta demanda de selección de peces, razón por la cual, debe usarse doble turno de trabajo. Se pueden necesitar 300,000 peces por día en una jornada normal, lo que significa un trabajo de doble turno. Dadas estas dificultades, se recomienda buscar nuevas soluciones para la selección de peces, entre ellas, una prometedora es la robótica que con diversos planteamientos pueden hacer una selección más eficiente de los peces. En el apartado 1.4.7 se explicó la tecnología Visión Máquina que puede ser utilizada para la selección rápida y eficiente de los peces por medio de un sistema de imágenes.

---

<sup>23</sup> Disponible en [<http://www.nmt.us/test/products/products.shtml>] Fecha de acceso: 06-06-2012

<sup>24</sup> Disponible en [<http://www.nmt.us/test/products/products.shtml>] Fecha de acceso: 06-06-2012



## CAPITULO 2

### **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE TRUCHAS.**

En el presente capítulo, siguiendo la metodología de diseño según la VDI 2225, se elaboró el concepto de solución definitivo. La obtención del concepto de solución se logra a partir de los siguientes elementos: la lista de exigencias, la secuencia de operaciones, la estructura de funciones, la matriz morfológica, los conceptos de solución propuestos y el concepto solución definitivo con su respectiva descripción.

En primer lugar, para la elaboración del concepto solución definitivamente se definió la lista de exigencias o requerimientos, el cual describe los parámetros para el diseño de la máquina. Asimismo, en la lista de exigencias se define los deseos y las exigencias para el diseño final que dependieron de los alcances del proyecto.

Los alcances del proyecto se eligieron teniendo en consideración las condiciones del lugar de trabajo; además se tuvo en consideración la existencia de máquinas actuales en el mercado europeo. Se consideró como un deseo en el diseño de la máquina que su capacidad de selección debe acercarse a la capacidad de las máquinas actuales existentes; por ello, en los anexos de la presente tesis se muestra una cotización realizada de una máquina seleccionadora en la empresa FAIVRE. La descripción de los requerimientos se expone en la respectiva lista de exigencias. Cabe mencionar que cada ítem descrito en la lista de exigencias respondió a una necesidad particular o deseo particular que la máquina debe contemplar para su mejor funcionamiento y comodidad para el usuario que lo usará. Por otro lado, la máquina seleccionadora de truchas fue diseñada para trabajar cerca a los criaderos, a donde los peces deben ser conducidos a través de una tubería final para llegar a su depósito de destino. Es decir, la máquina debe ser transportable para desplazarse en el campo de trabajo. Las truchas se depositarán en cada criadero de manera continua, por lo que para el presente proyecto fue necesario ver el comportamiento de las truchas en otras máquinas existentes en el mercado. La velocidad del pez durante su trayectoria deberá ser de tal manera que el pez no se estrese y se cumpla la capacidad de selección requerida para el proyecto. Para este caso esta velocidad es 0.3 m/s, y la temperatura promedio de traslado es de 15°C según los estudios realizados por el Fondo Nacional de Pesquería (FONDEPES). Finalmente el rango de precios se propuso realizando la

respectiva cotización de la maquina FAIVRE; para que se tuviera un valor referencial.

Seguidamente luego de la lista de exigencias, se procede a detallar la secuencia de operaciones de la máquina, en la cual se detalla las operaciones individuales de la máquina de manera consecutiva hasta la operación final. En esta fase se detalló minuciosamente las funciones de la máquina según se muestra en el apartado 2.2. Después se define el proceso de abstracción para el proyecto, según se muestra en la figura 2.1. En el proceso de abstracción se muestra la materia, energía y las señales que ingresan; y que salen al final del proceso de selección. Luego se procede a generar la estructura de funciones teniendo como información inicial la lista de exigencias, la secuencia de operaciones y el “black box”. Para el presente trabajo se generaron tres propuestas de estructuras de funciones, pero solo se trabajó en base a una de ellas. Seguidamente se construye la matriz morfológica con las funciones de la máquina, concluyendo con 6 propuestas que se ajustan a los requerimientos de la máquina. Luego, se procedió a evaluar los 6 conceptos de solución, evaluando los costos de fabricación, la capacidad de la máquina, la rapidez de selección, entre otros criterios como se muestra en la tabla 2.2. Luego de esta evaluación se seleccionó tres de ellas con la finalidad de realizar un análisis más detallado de las 3 restantes. En el siguiente proceso se presenta la evaluación técnica y económica de las 3 propuestas finales, analizando la mejor opción. Seguidamente, se selecciona una de ellas con la ayuda del diagrama de evaluación mostrado en el gráfico 2.1 del presente capítulo. Finalmente, se procede a completar los demás elementos faltantes de la máquina, obteniendo como resultado el concepto solución definitiva. El concepto solución definitivo consiste en detallar las partes de la máquina, considerando la lista de exigencias y la secuencia de operaciones descrita.

**2.1 Lista de Exigencias**

Tabla 2.1 Lista de Exigencias

<b>LISTA DE EXIGENCIAS</b>			Pág. 1 de 1
			Edición :Rev.1
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UNA MÁQUINA SELECCIONADORA DE TRUCHAS		Fecha : 06/05/2011 Revisado : B.B.G
<b>CLIENTE:</b>	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU		Elaborado: A.V.C
Fecha (cambios)	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
06/05/2011	E	<b>Función Principal:</b> -Seleccionar las truchas a través de un sistema mecánico. -La selección se realizará de manera continua. -La máquina seleccionadora trabajará en los rangos de 6,4 a 12,8 cm, 14,6 a 23 cm y 25a 30cm de tamaños de truchas. - La capacidad de la máquina dependerá del rango que se solicite seleccionar, esto se explicará en el desarrollo del presente proyecto.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>CINEMÁTICA:</b> El movimiento de los peces a través del mecanismo sucederá de tal manera que no cause daños a los peces. Y además sigan una trayectoria segura.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>FUERZA:</b> La fuerza de la faja transportadora sobre el pez será de tal manera que el pez no sufra daño durante su traslado. Esto se muestra en el DCL del pez en la figura 3.3 del capítulo 3.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>ENERGIA:</b> La condiciones del medio (agua) donde se desarrollará el pez tendrán que ser los adecuados, es decir, la temperatura deberá ser la adecuada para que el pez no se estrese, en este caso se trabajó con una temperatura promedio de <b>15°C</b> . Se empleará la electricidad trifásica a 220V para el funcionamiento de la máquina.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>ERGONOMIA:</b> La disposición de los elementos de acuerdo a la geometría de la máquina será diseñada de tal forma que sea muy manejable y cómoda para el usuario.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>SEGURIDAD:</b> El diseño de la máquina se realizará de tal forma que no ponga en peligro la integridad del usuario.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>FABRICACIÓN:</b> Los procesos de fabricación para la maquina podrán ser aplicados por talleres locales.	A.V.C
06/05/2011	E	<b>MATERIALES:</b> Los materiales a utilizar para la maquina deberán existir en el mercado local.	A.V.C
06/05/2011	D	<b>SENALES:</b> Posible utilización de equipos electrónicos (sensores) para la fácil selección de los peces a través del mecanismo.	A.V.C
06/05/2011	D	<b>TRANSPORTE:</b> La máquina será transportable, con la finalidad de no recurrir a más máquinas (más gastos) al momento de seleccionar los peces para los diferentes depósitos de truchas.	A.V.C
06/05/2011	D	<b>USO:</b> Se tratará en lo posible que la máquina no genere ruido perjudicial al ser humano.	A.V.C
06/05/2011	D	<b>MANTENIMIENTO:</b> La máquina tendrá fácil acceso para mantenimiento.	A.V.C
06/05/2011	D	<b>COSTOS:</b> El costo de la máquina será accesible para la venta al usuario, se establece un rango tentativo entre 15000 a 25000 soles (Menor a cotización realizad)	A.V.C
06/05/2011	E	<b>PLAZO DE ENTREGA:</b> El presente proyecto se entregará el 29/10/2013	A.V.C



## **2.2 Secuencia de operaciones**

En el siguiente acápite se describe el proceso técnico de la máquina, la cual consta de cuatro partes: Preparación, ejecución, control y fase final.

Sistema Técnico limitado a un sistema Semiautomático

### Descripción del proceso

Durante el inicio, la máquina seleccionadora de truchas deberá ser regulada en la alimentación del agua y en el sistema de selección. Así mismo, los soportes deberán ser ajustados para asegurar la estabilidad de la máquina. Finalmente, se pondrá en funcionamiento los canales de selección según sea el número de clasificación que se requiera.

Posteriormente, se elevan los peces y se depositan al alimentador, luego los peces irán ingresando uno a uno de forma continua para su selección en el Sistema. La selección se hará según el tamaño. Cabe hacer mención que el tamaño por lo general es proporcional al peso.

Finalmente, una vez seleccionados (clasificados) los peces por tamaño se disminuye la regulación del caudal de agua, finalizando el flujo de alimentación de la electrobomba.

Fijar Procesos Técnicos

### **1) Preparación (Proceso manual)**

El proceso de la preparación consta de tres subprocesos que servirán para que la máquina esté lista para su utilización. Cabe mencionar que los siguientes subprocesos serán manuales.

- a) Regular el caudal de agua en el sistema. Esta agua sale hacia los criaderos.
- b) Colocar el número de recipientes seleccionadores.
- c) Asegurar la estabilidad de la máquina mediante soportes ajustables

### **2) Ejecución**

El proceso de ejecución consta de seis subprocesos que pueden dividirse en manuales y automáticos. La elevación y el depósito de los peces al sistema de selección serán manuales. Mientras que la selección y el conteo de peces se harán de manera automática. Cabe mencionar que el conteo de peces no forma parte del proyecto de diseño; sin embargo existen contadores de peces que pueden ser utilizados.

- a) Elevar los peces al alimentador
- b) Depositar los peces al alimentador

- c) Ingresar a los peces al mecanismo de selección.
- d) Seleccionar los peces según su tamaño.
- e) Contar los peces seleccionados.
- f) Guiar a los peces hacia su destino final.

### 3) Control

El control se realizará de manera visual y manual dado que el objetivo de la presente máquina solo es seleccionar las truchas por tamaño y por peso.

- a) Verificar que la máquina se encuentre en buen estado inicial.
- b) Encender la máquina
- c) Controlar el suministro de agua
- d) Controlar el suministro de peces
- e) Controlar la elevación de los peces.
- f) Controlar el número de peces por recipiente seleccionador a la salida.

### 4) Fase Final

Este proceso es manual debido a que solo se trata de apagar el sistema seleccionador.

- a) Disminuir la regulación del agua hasta su término.
- b) Apagar la electrobomba.
- c) Apagar la máquina mediante el Motor.
- d) Reiniciar la secuencia de operaciones.

## PROCESO DE ABSTRACCIÓN

El proceso de abstracción tiene el objetivo de abarcar la mayor cantidad de soluciones posibles, con la participación de la nueva tecnología, los nuevos materiales, los nuevos procesos de fabricación así como los últimos avances de la ciencia. A continuación se muestra La Caja Negra de la máquina “BLACK – BOX”. Está basada en tres partes fundamentales:

- Señales
- Energía
- Materia

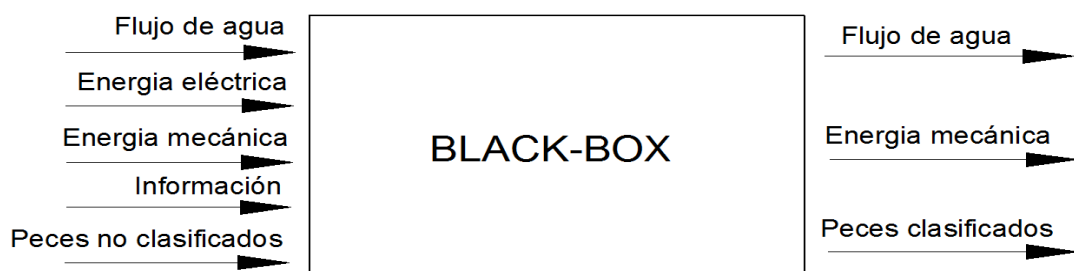


Figura 2.1 Caja negra

Materia: Peces Trucha, agua de alimentación

Energía: Energía mecánica, básicamente cinética y potencial

Señales: Potencia, Velocidad de los peces.

A continuación se aplica el proceso de abstracción, el cual permitirá obtener la mayor cantidad de soluciones posibles a través de los últimos avances de las diferentes tecnologías hasta la actualidad.

Como paso siguiente se muestra la estructura de funciones, basados en el proceso técnico y principio tecnológico semi – automático.



Figura 2.2 Estructura de funciones

**Primera propuesta:** Estructura basada en la principio tecnológico semi automático.

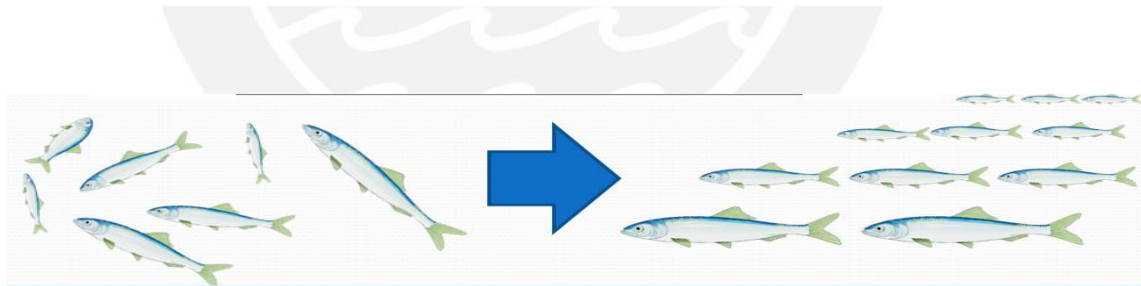
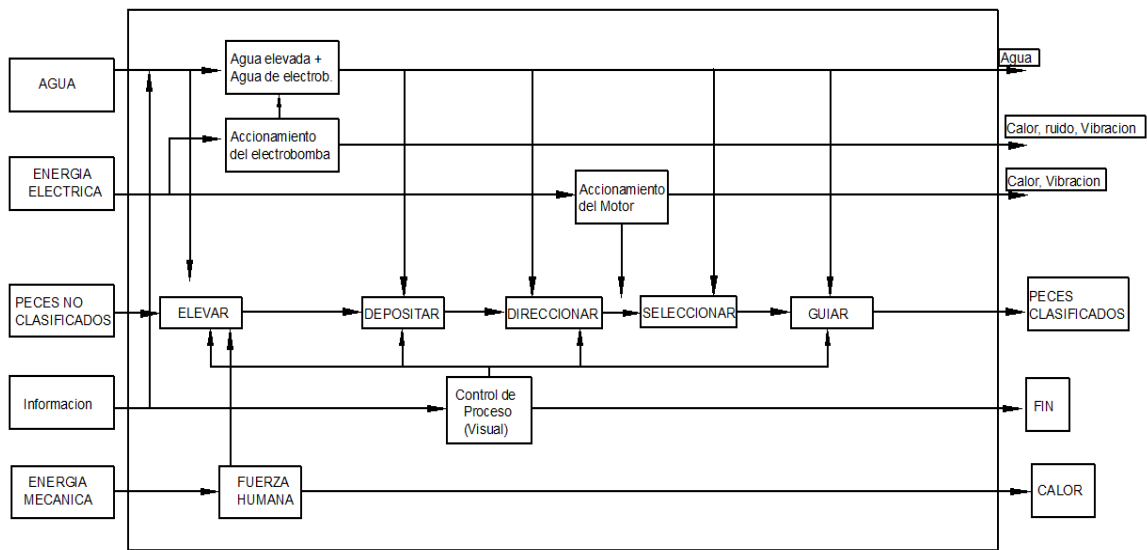


Figura 2.3 Primera propuesta funcional

**Estructura Óptima**

Esta estructura morfológica obedece el comportamiento de la máquina seleccionadora de truchas, por lo que las propuestas siguientes se presentan solo como alternativas de estructuras morfológicas.

**Segunda propuesta:** Estructura basada en el principio tecnológico manual

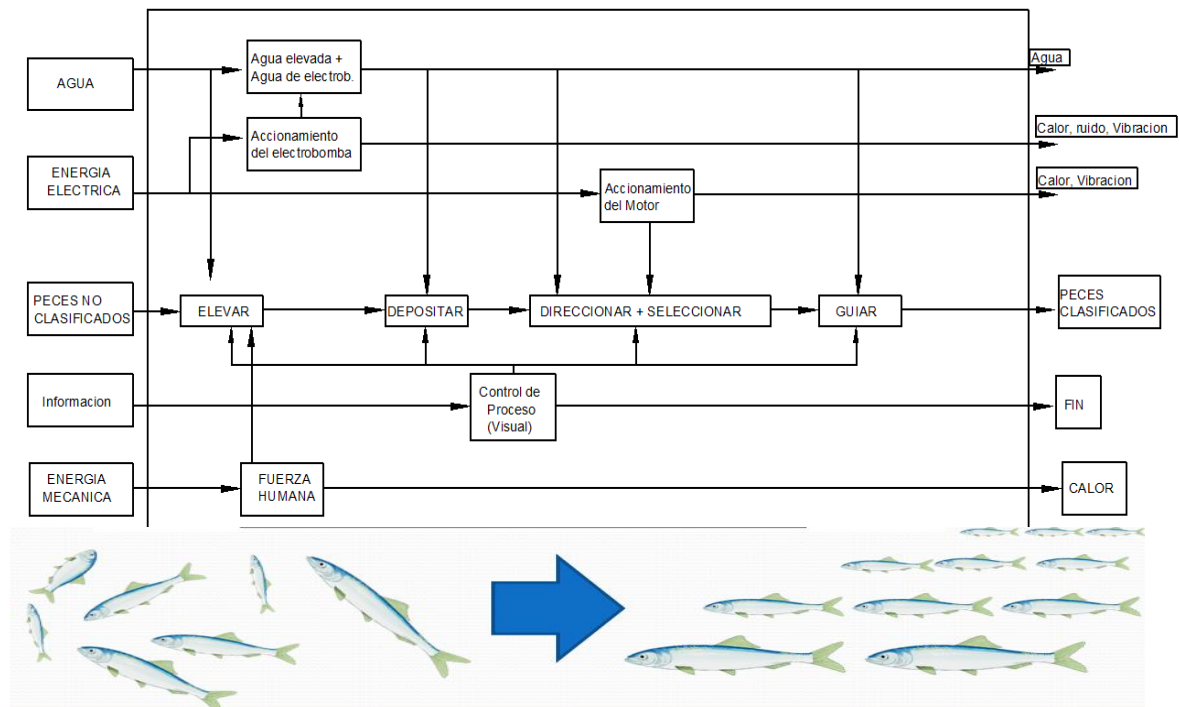


Figura 2.4 Segunda propuesta funcional

**Tercera Propuesta:** Estructura basada en el principio tecnológico manual

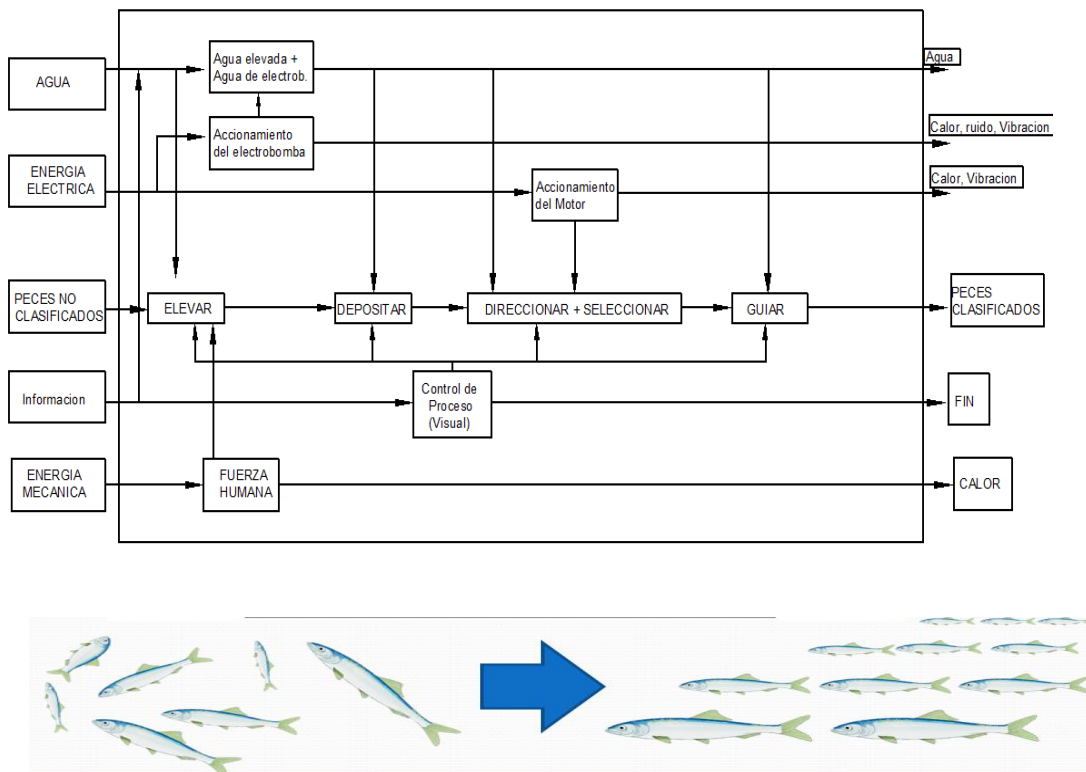


Figura 2.5 Tercera propuesta funcional



**2.3 Matriz morfológica**




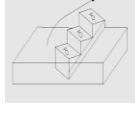





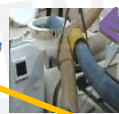






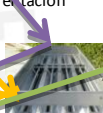
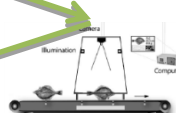

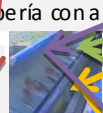


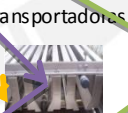



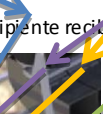
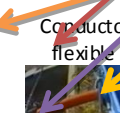
MATRIZ MORFOLOGICA					
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
<b>1 Elevar</b>	Manualmente 	Bomba Pim Pim 	Elevador tornillo 	Elevador a racabuces 	
<b>2 Direccionar a la entrada</b>	Por la persona 	Conducto flexible 	Componente 	Componente tipo embudo 	
<b>3 Depositar</b>	Red 	Conducto flexible 			
<b>3.1 Suministro de agua</b>	Manguera 	Balde 	Componente 		
<b>4 Direccionar a través del sistema seleccionador</b>	Caída por gravedad 	Faja transportadora 	Barras y cadenas 	Barra y cadenas - doble Alimentación 	Automatizado 
<b>4.1 Suministrar agua</b>	Manguera 	Tubería con agua 			
<b>5 Seleccionar</b>	Banda o rampa seleccionadoras 	Cajón Seleccionador 	Barra transportadoras 	Vision Maquina 	Turbina seleccionadora 
<b>6 Guiar los peces</b>	Tubería flexible 	Recipiente receptor 			
<b>7 Llevar a los depósitos respectivos</b>	Conducto flexible 				

Figura 2.6 Matriz morfológica

## 2.4 Evaluación de conceptos de solución

Tabla 2.2 Evaluación de conceptos solución

No	Criterios Técnicos y Económicos	Proyectos					
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5	Solución 6
1	Costo de fabricación	1	4	1	1	3	4
2	Capacidad de la maquina	2	2	3	3	3	3
3	Rapidez de selección	2	2	3	3	3	2
4	Número de Piezas	3	3	3	3	3	3
5	Disponibilidad de repuestos	3	3	2	3	3	3
6	Complejidad de diseño	2	2	3	3	3	2
7	Complejidad de fabricación	2	2	2	2	3	2
8	Frecuencia de mantenimiento	2	2	2	2	2	1
9	Productividad	3	3	3	3	3	3
10	Confiabilidad	3	3	3	3	3	3
11	Facilidad de manejo	3	3	3	2	2	3
12	Tamaño de la maquina	3	3	2	3	2	2
13	Consumo energético de la maquina	2	2	2	2	2	3
TOTAL		31	34	32	33	35	34

En la tabla 2.2 se muestra las evaluaciones previas de los conceptos solución propuestos para el presente trabajo. Cabe hacer mención que solo se seleccionó cuatro de ellos debido a su mayor ajuste a los requerimientos de la máquina. Como se puede observar la evaluación de los conceptos de solución se basó en 13 criterios previos. Además, es importante hacer mención que la evaluación previa hace referencia a una evaluación preliminar, teniendo en consideración los criterios individuales para la máquina.

A continuación se muestra los conceptos de solución de las 4 propuestas seleccionadas, según los requerimientos de la máquina.

**CONCEPTO DE SOLUCION N°2**

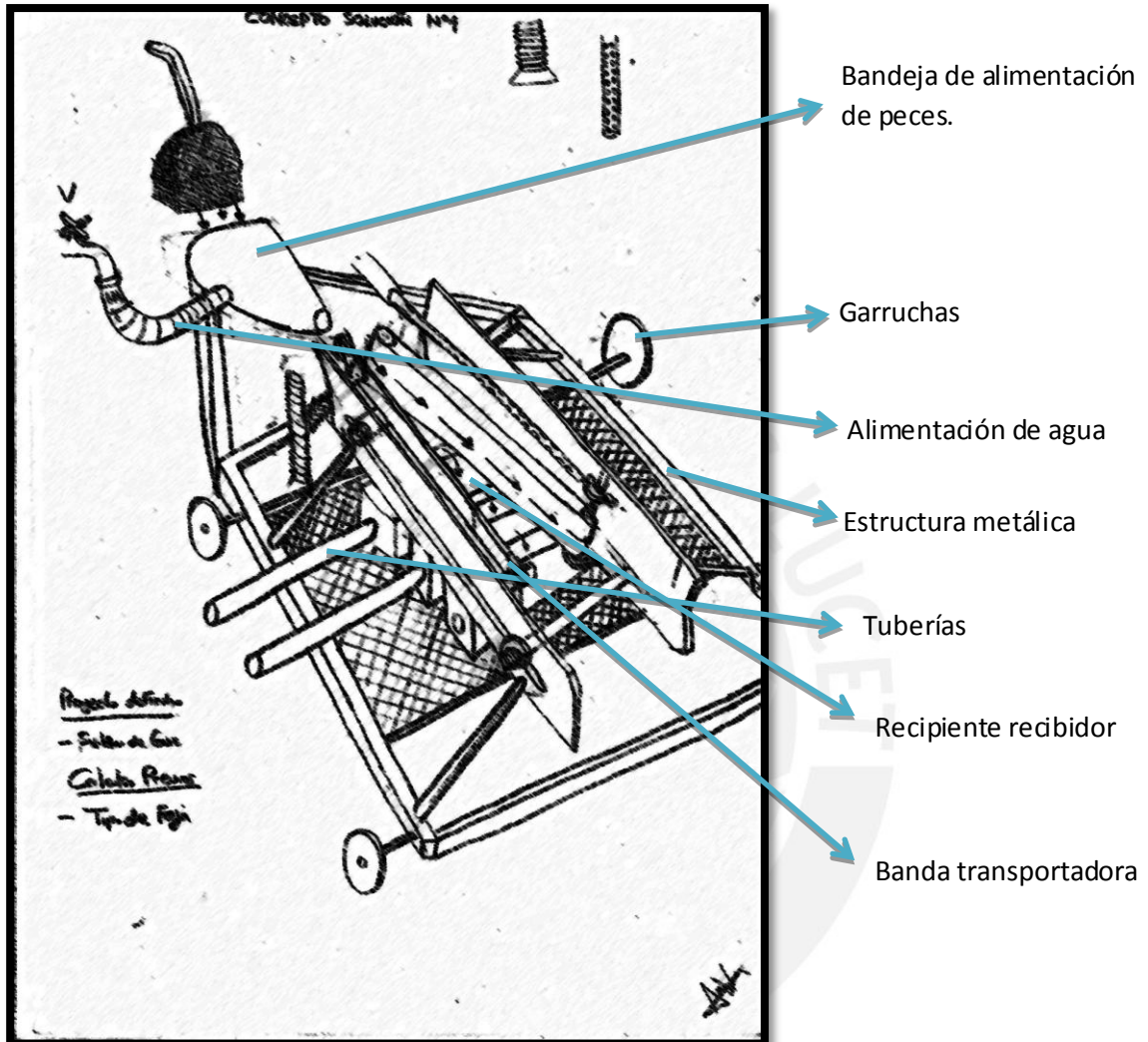


Figura 2.7 Segundo concepto solución

**Principio de funcionamiento del concepto solución N°2**

El concepto solución N° 2 está basado en la utilización de dos bandas transportadoras en forma de “V”. El sistema está compuesto por un recipiente alimentador que se encuentra en la parte superior. Asimismo tiene dos soportes de plancha sobre cada banda transportadora y se usan chumaceras como apoyos para los ejes de los tambores de alimentación de cada banda. Se utiliza una estructura metálica como soporte de la máquina y se utilizan recipientes recibidores para el depósito de los peces. Se compone de tuberías por donde desembocan los peces hacia los diferentes depósitos o criaderos. Por último, está compuesto de 4 garruchas que hacen transportable a la máquina. El procedimiento de

funcionamiento es de la siguiente manera: En primer lugar, se enciende el motorreductor de la banda transportadora; luego se deposita los peces al alimentador en la parte superior de la máquina. Luego, los peces se van posicionando a lo largo de la banda transportadora en forma vertical e irán cayendo según sean el espesor de su cuerpo. Cabe hacer mención que para iniciar el funcionamiento de la máquina se debe regular el caudal de agua de la bomba por donde se alimenta con agua a temperatura promedio de 15°C con la finalidad que el pez no se estrese. La máquina seleccionadora de truchas debe posicionarse en un lugar cómodo para que los peces puedan direccionarse en una trayectoria segura sin que se estrese o dañe. Al finalizar la selección de las truchas se deberá apagar la bomba y el motorreductor; y realizar una limpieza general a la máquina para evitar cualquier tipo de corrosión en el tiempo.

### CONCEPTO DE SOLUCION N°5

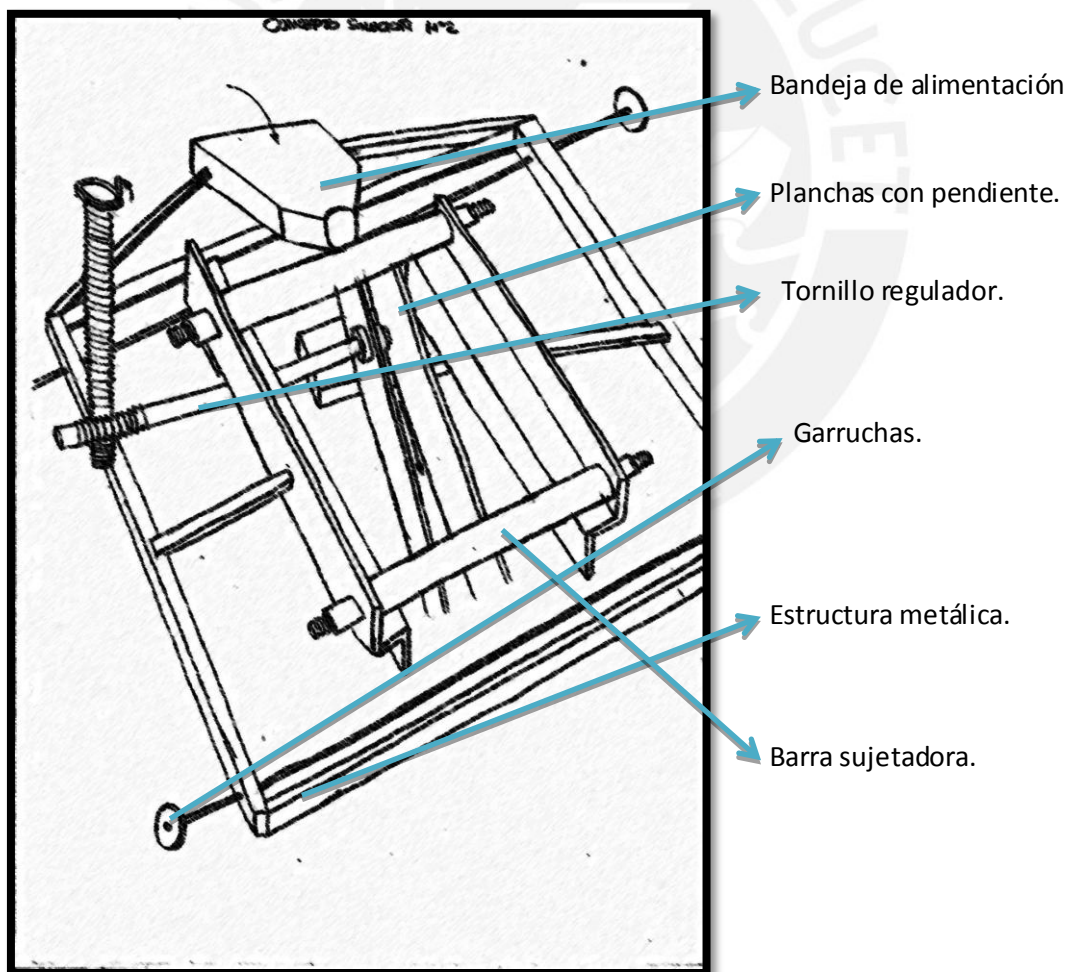


Figura 2.8 Quinto concepto solución



### Principio de funcionamiento del concepto solución N°5

El concepto solución N°5 funciona bajo el principio de la gravedad. En primer lugar, la máquina está compuesta de las siguientes partes: Un recipiente alimentador, dos soportes metálicos que se encuentran unidos mediante de pernos y tuercas. Dos planchas que se encuentran en caída mediante su pendiente respectiva que permite que los peces puedan caer mediante la gravedad; y de esa manera los peces puedan ser seleccionados mediante el espesor de su cuerpo. Asimismo, está compuesto de una estructura general. Y por último, está compuesto por un tornillo regulador que controla la selección de los peces según sea su requerimiento. El proceso de funcionamiento de la máquina es de la siguiente manera: En este caso, no es necesario la utilización de un motorreductor, ya que el trabajo solo lo realizará el principio de la gravedad. El pez caerá de manera continua entre las dos planchas. Cabe hacer mención que al igual que para el concepto solución anterior, en este proceso de selección también requerirá el suministro de agua para que el pez pueda resbalar sin ningún problema. Asimismo la máquina deberá trabajar en un lugar apropiado para que pueda ser transportada. Finalmente, el pez cae en su respectivo recipiente seleccionador y se direcciona a su respectivo depósito o criadero.

### CONCEPTO SOLUCION N°6

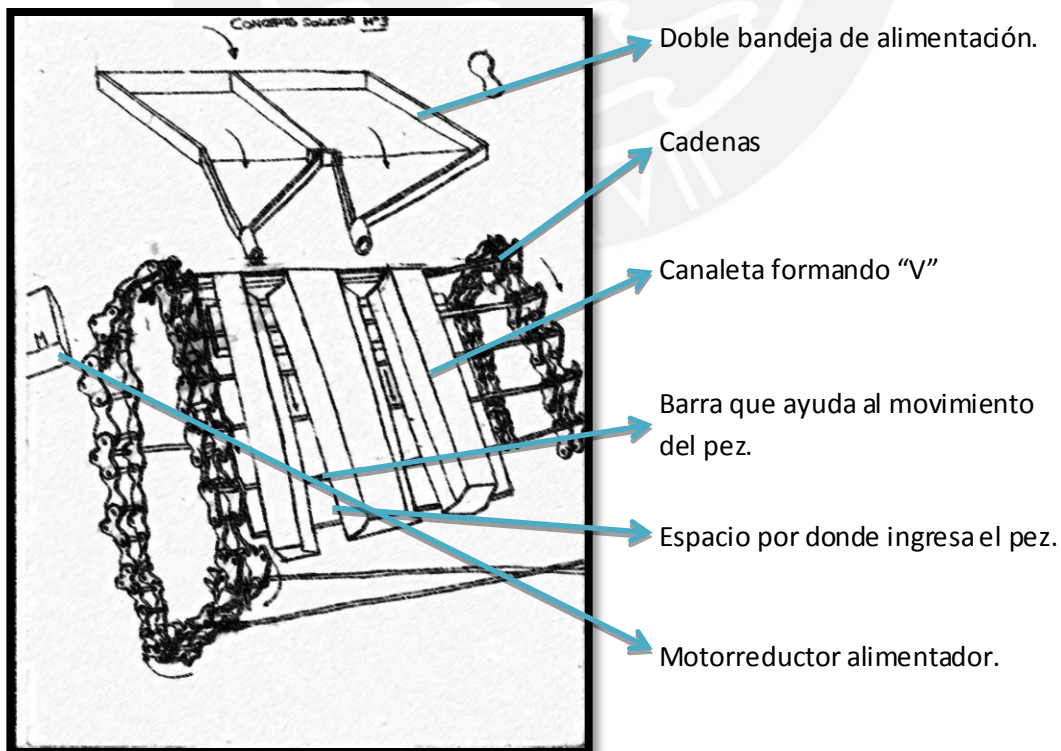


Figura 2.9 Tercer concepto solución



### Principio de funcionamiento del concepto solución N°6

El concepto de solución n° 6 está centrado en el funcionamiento de dos cadenas que se encuentran unidas por varillas, las cuales empujan al pez durante su transporte. En este caso la máquina trabaja con dos canales para peces, lo cual muestra su ventaja para su capacidad de selección. La selección de cada pez se logra a partir del espesor de su cuerpo con la ayuda de las estructuras y soportes que ayudaran al seleccionamiento. Cabe hacer mención que la separación de los soportes que se encuentran al medio de la maquina están regulados para tamaños estándares de peces. El proceso de selección es de la siguiente manera: Primero se deposita a los peces en las dos bandejas. Luego, el pez va cayendo por la tubería hacia el sistema de selección. Es necesario, al igual que en las otras máquinas, el suministro de agua con la finalidad de que el pez resbale sin ningún problema durante su selección. Al ingresar al sistema de selección, el pez es llevado mediante las varillas que giran conjuntamente con la cadena; y finalmente caen en su canal de selección según sea el espesor de su cuerpo. Como se mencionó anteriormente, el trabajo de selección para este concepto es el empuje de cada varilla que estará por detrás de cada pez que ingrese al sistema.

### CONCEPTO SOLUCION N°4

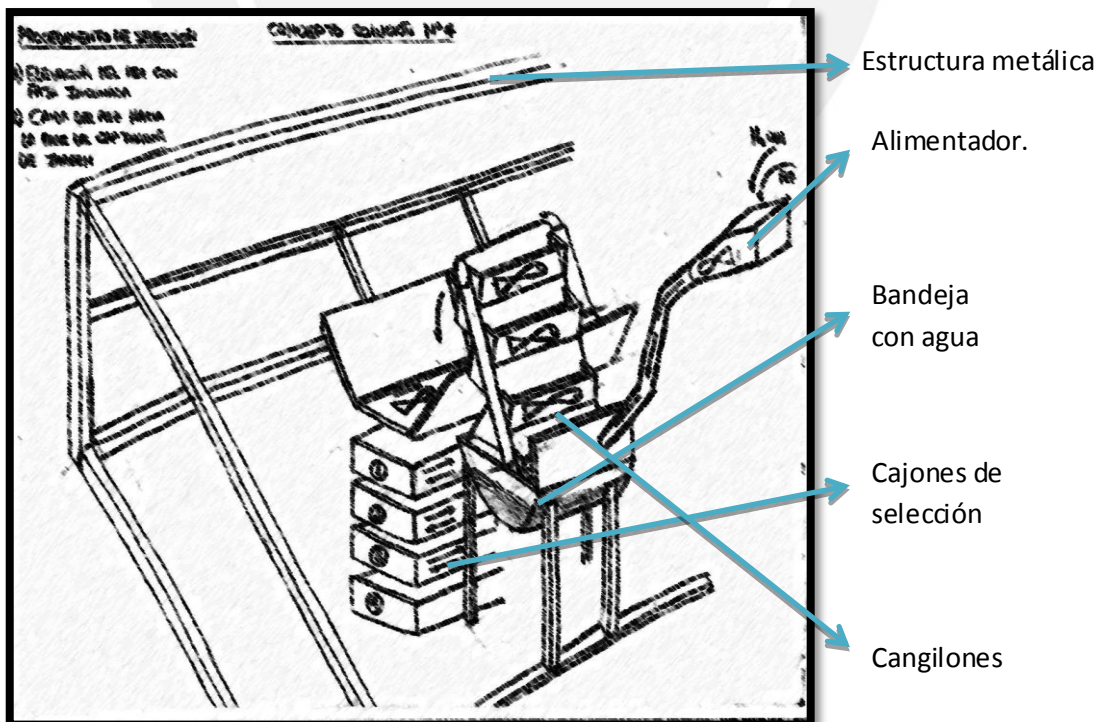


Figura 2.10 Cuarto concepto solución

#### Principio de funcionamiento del concepto solución N°4

El concepto solución N°4 está centrado en la tecnología automatizada Visión Máquina, que opera a partir de la captura de la imagen del pez. En primer lugar, el pez es arrojado mediante una red a una bandeja por el cual el pez es conducido hasta llegar a un depósito de peces. El depósito posee cangilones que ayudan al pez a ser transportados uno a uno hasta la cámara respectiva. Luego, el pez es captado por el equipo visión máquina y captura su imagen. Luego que se captura la imagen, un sensor de presencia se activa, abriendo uno de los cajones de la parte inferior; y finalmente se cierre para llevar al pez mediante una tubería final a su depósito de destino.. Para este caso se muestra 4 cajones de selección. La máquina está compuesta de un alimentador, una tubería, la banda transportadora con cangilones, el equipo capturador de imágenes, los cajones recibidores, el motor para la banda transportadora y la estructura de la máquina. Cabe hacer mención que se tuvo en consideración que el pez debe estar en todo tiempo en contacto con el agua, por lo que también se suministró el agua mediante una electrobomba. El depósito semicilíndrico de peces que se encuentra en la parte inferior debe contener en todo tiempo agua para que el pez no se estrese y causen daños. En el presente trabajo se hizo un estudio de la visión máquina que se muestra en el acápite 1.4.7.

## 2.5 Evaluación Técnica – Económica

Tabla 2.3 Evaluación Técnica

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS Valor Técnico (Xi)											Área de Diseño			
<b>Proyecto : Diseño de una Máquina Seleccionadora de Truchas</b>														
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2221)                      0 = No satisface , 1= Aceptable a las justas , 2=Suficiente , 3= Bien , 4= Muy bien (Ideal)                      g : es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación</p>														
<b>Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos</b>														
Variantes de Concepto / Proyectos				Solución 1 S2			Solución 2 S4		Solución 3 S5		Solución 4 S6		Solución S ideal	
Nr.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Espacio	3	3	9	3	9	3	9	2	6	4	12		
2	Mantenimiento	4	2	8	2	8	2	8	2	8	4	16		
3	Eficacia	5	3	15	2	10	3	15	2	10	4	20		
4	Peso	3	2	6	3	9	1	3	3	9	4	12		
5	Duración	4	3	12	3	12	2	12	3	12	4	16		
6	Seguridad de trabajo	4	2	8	3	12	3	12	3	12	4	16		
7	Relación hombre - maquina	4	3	12	2	8	3	12	3	12	4	16		
8	Montaje	3	2	6	2	6	2	6	3	9	4	12		
9	Transporte	3	2	6	2	6	3	9	2	6	4	12		
<b>Puntaje máximo (Sumatoria de p)</b>			22		22		23		23		36			
<b>Valor Técnico Xi</b>			0,85		0,81		0,8		0,85		1			

## EVALUACION ECONOMICA

Tabla 2.4 Evaluación Económica

<b>DISEÑO MECANICO - EVALUACION DE PROYECTOS</b>											<b>Área de Diseño</b>			
<b>Valor Económico (Xi)</b>														
<b>Proyecto : Diseño de una Máquina Seleccionadora de Truchas</b>														
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2221)                  0 = No satisface , 1= Aceptable a las justas , 2=Suficiente , 3= Bien , 4= Muy bien (Ideal)                  g : es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación</p>														
<b>Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos.</b>														
<b>Variantes de Concepto / Proyectos</b>					<b>Solución 1 S2</b>		<b>Solución 2 S4</b>		<b>Solución 3 S5</b>		<b>Solución 4 S6</b>		<b>Solución S ideal</b>	
<b>Nr.</b>	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
<b>1</b>	Costo de mantenimiento	4	3	12	2	8	2	8	2	8	4	16	4	16
<b>2</b>	Costo energéticos	3	2	6	2	6	2	6	2	6	4	12	4	12
<b>3</b>	Disponibilidad en el mercado	4	3	12	3	12	1	4	3	12	4	16	4	16
<b>4</b>	Costos de materiales	3	2	6	3	9	2	6	2	6	4	12	4	12
<b>Puntaje máximo sumatoria de p</b>			10		10		7		9		16			
<b>Valor EconómicoYi</b>			<b>0,9</b>		0,8		0,8		0,8		1,0			

Se muestra el diagrama de evaluación según VDI 2221, el cual muestra los resultados de los diferentes proyectos preliminares propuestos hasta ahora.

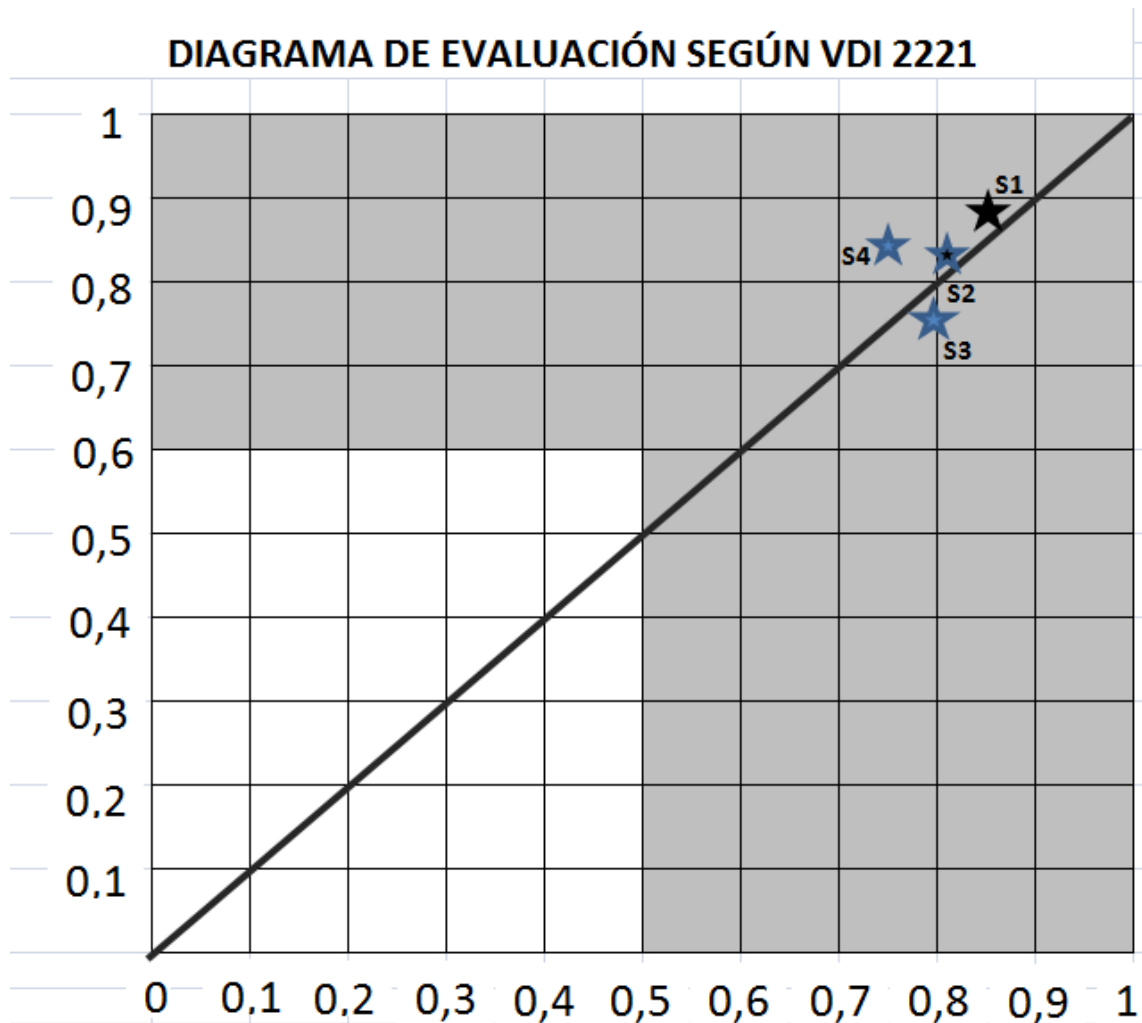


Figura 2.11 Evaluación de concepto solución

Como puede observarse en la figura 2.11, la solución más indicada según el diagrama sería el concepto solución número 1, ya que es la que se acerca más al equilibrio técnico - económico. Además posee una proporción adecuada para su elección. Por consiguiente, se trabajó con este proyecto definitivo, ya que muestra una mejor condición de trabajo.

Ahora se procede a definir los parámetros del proyecto definitivo seleccionados a partir del diagrama anterior. Para esto, se muestra los dibujos definidos según las características de diseño requeridas.

Cada dibujo que se muestra contiene información detallada para el diseño de la máquina. Es decir, se muestra funcionalmente más completo.



## 2.6 Proyecto definitivo

En este acápite se describe y se muestra el concepto solución definitivo como resultado de la evaluación técnica – económica. El concepto definitivo obedece a los requerimientos de la lista de exigencias, detallando cada parte de la máquina. Además, se tiene que completar cualquier parámetro de diseño que no esté técnicamente terminado.

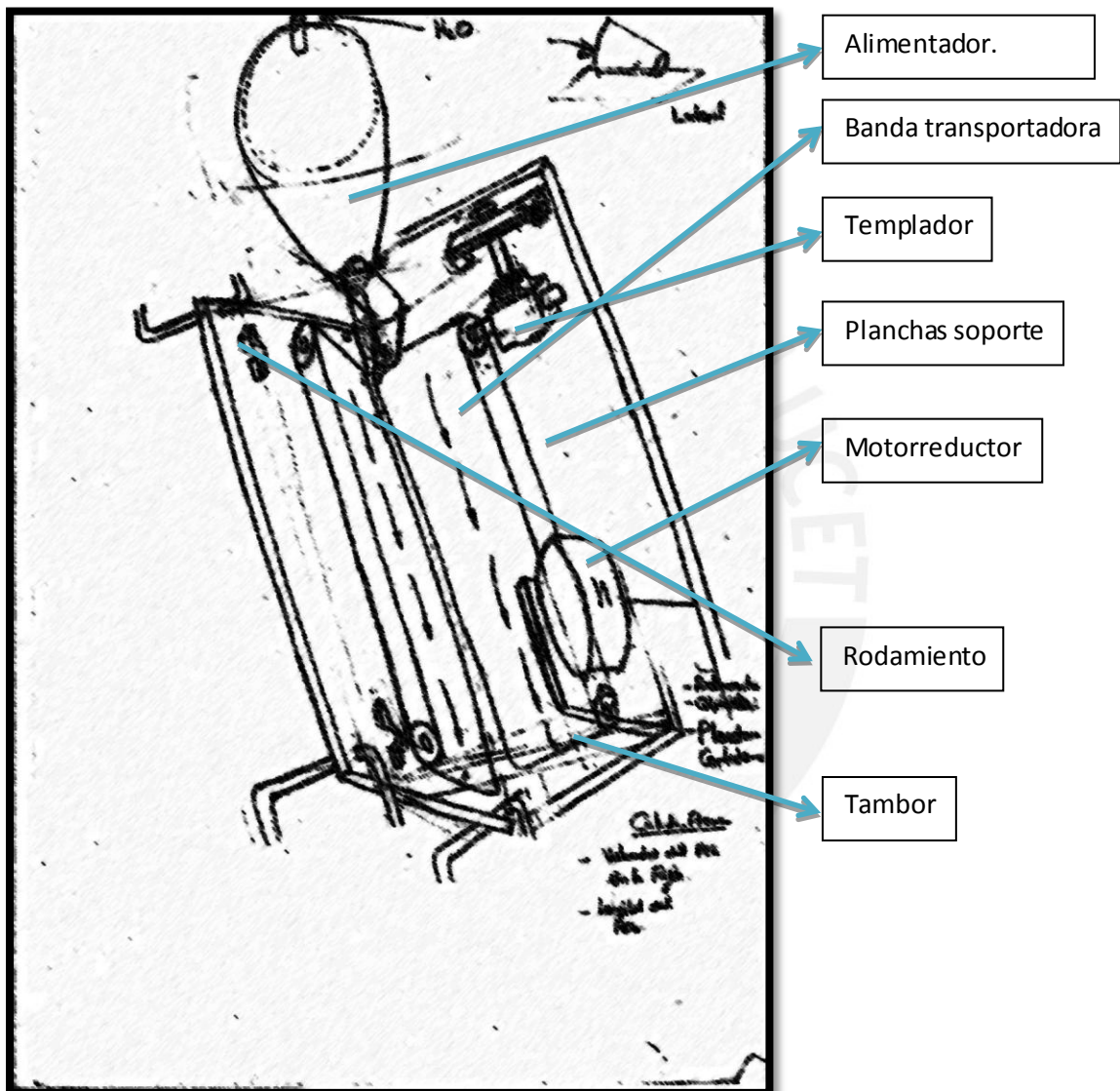


Figura 2.12 Fajas transportadoras

El concepto de solución definitiva se obtuvo de una previa evaluación como se describió anteriormente. Como se observa en la figura 2.12, la parte interna de la máquina está compuesta por un alimentador de peces, dos bandas transportadoras, un motorreductor, cuatro rodamientos de bolas, dos templadores, dos planchas de refuerzos para cada banda, un soporte metálico para el motorreductor, cuatro tambores que ayudan a la banda a realizar su movimiento

respectivo y dos planchas de teflón que ayudaran a rigidizar la banda transportadora. El funcionamiento inicia a partir del encendido del motorreductor de la marca SEW que transmitirá el movimiento a la banda transportadora a la cual se encuentra acoplado. Luego, bajo un sistema de transmisión de fajas se transmitirá el movimiento a la otra banda transportadora. El sistema de transmisión se muestra en el siguiente capítulo para su mayor comprensión. Como paso siguiente, se enciende la electrobomba para que vaya suministrando el flujo de agua necesario a una temperatura de 15°C. Luego, se arroja a los peces por el alimentador que trasladará al pez uno a uno en forma continua e irán cayendo según el espesor de su cuerpo por la abertura de las dos bandas transportadoras que forman una “V”. Cabe hacer mención que cada chumacera y rodamiento no tiene contacto con el agua, ya que se encuentran en la parte superior de la máquina.

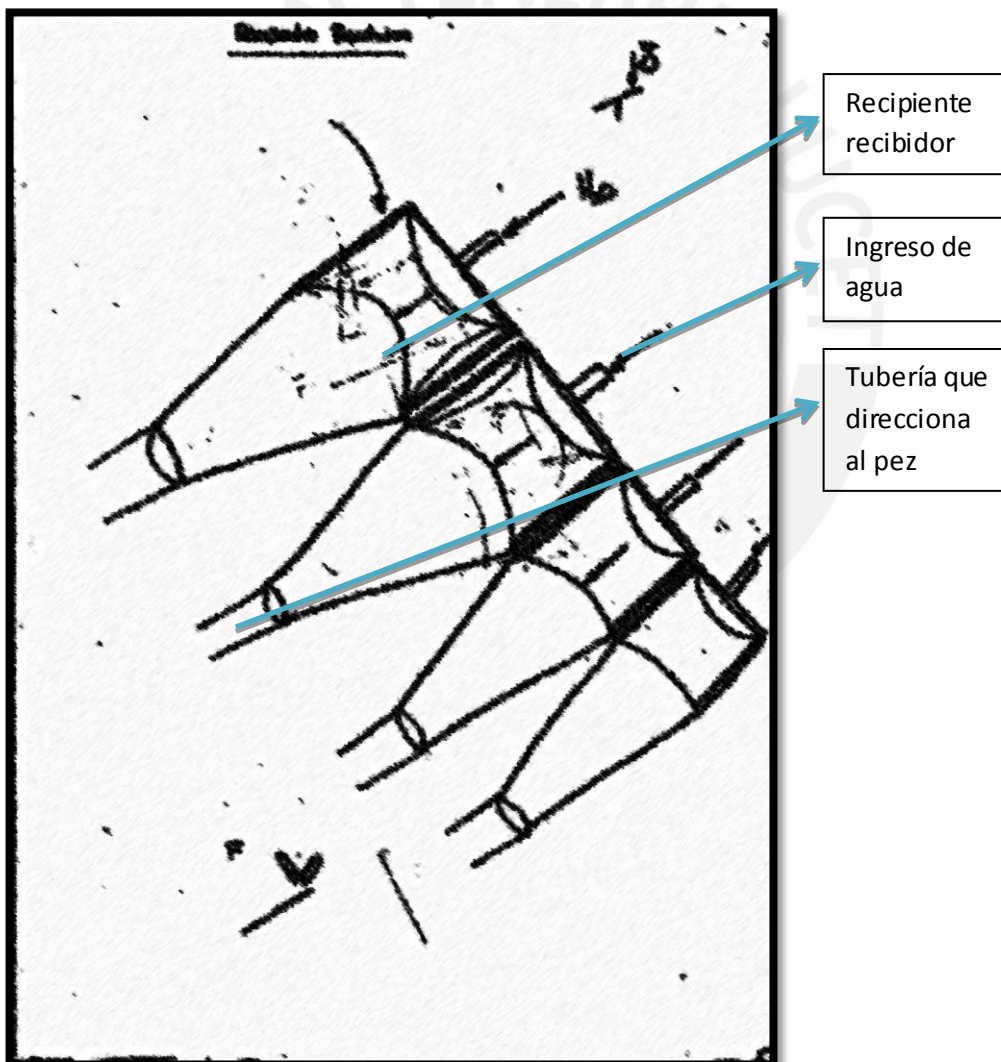


Figura 2.13 Recipiente receptor

Cuando el pez haya sido seleccionado y haya caído por la abertura correspondiente se dirigirá al recipiente receptor tal y como se muestra en la figura 2.13; por donde será direccionado hacia su respectivo depósito de destino. El material de los recipientes receptores deberá ser de un acero inoxidable debido a su contacto continuo con el agua. Asimismo, cada recipiente receptor tendrá una entrada de alimentación, la cual también es de acero inoxidable. Por dicha entrada se enrosca una tubería que tiene como tramo inicial el recorrido desde la bomba de alimentación tal y como se muestra en el plano de tuberías de agua. La geometría del recipiente receptor es de tal manera que deje caer al pez. Es decir tendrá una inclinación adecuada para que el pez resbale y se dirija hacia su depósito de destino. Su forma es semicilíndrica al inicio y luego un embudo en la parte final. Cabe hacer mención que el agua suministrada a cada recipiente no tendrá recirculación sino que se depositará directamente a cada criadero de trucha.

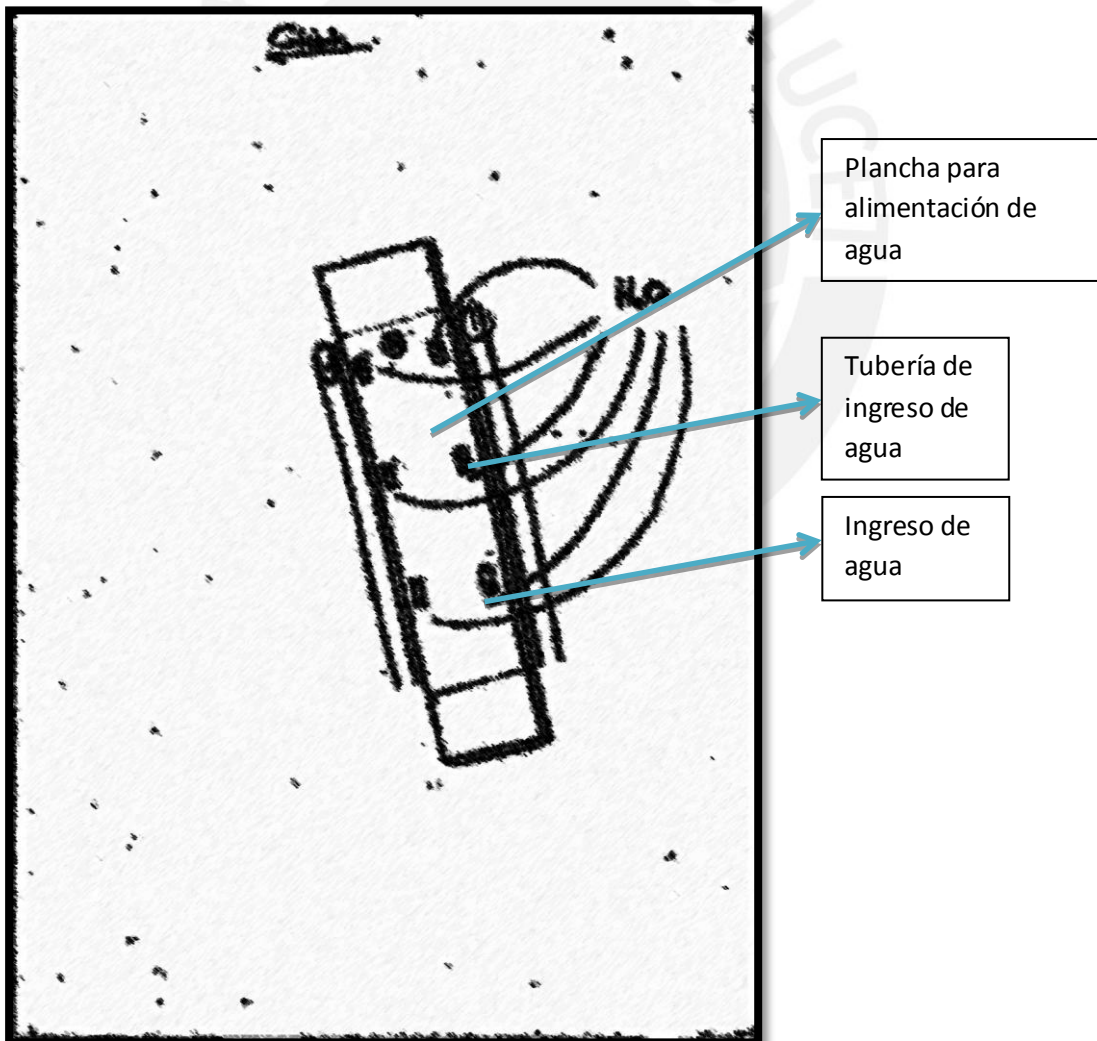


Figura 2.14 Tapa Cubridora



Durante la trayectoria del pez es necesario el suministro de agua, dado que el pez tiende a estresarse rápidamente. Por esta razón, por encima de las bandas transportadoras se tiene una base que tiene agujeros por donde ingresa el agua. La alimentación de cada tubería será directamente desde la electrobomba.

## **2.7 Descripción del concepto definitivo**

### **2.7.1 Restricciones Técnicas**

#### Funciones:

Cada pieza contribuye a su función totalmente. En este caso se refiere a las fajas transportadoras, a los recipientes seleccionadores, a la cubierta y a la estructura.

Por otra parte, el sistema de bombeo de agua también cumple su función para el desplazamiento de los peces en la máquina. De esta manera se evita la fricción o daños de los peces en la misma.

#### Fabricación:

La potencia requerida por cada faja será baja debido a que solo ayudara a desplazar a las truchas y para esto se utilizara un motor de la marca SEW.

El flujo de peces estará de acuerdo a la velocidad de la faja cuyo valor es de 0.3 m/s.

Se tiene estructuras metálicas como perfiles por lo que es necesario utilizar soldadura que esté de acuerdo a las normas para un acero inoxidable. Así mismo para unir las demás partes de la máquina con la misma estructura se utilizará también una soldadura que cumpla las mismas características antes descritas.

Finalmente, se utiliza una viga I para lograr una rigidez en las bandas transportadoras con la finalidad de que el pez trucha pueda viajar de la mejor forma posible sin sufrir daños.

#### Montaje y Desmontaje:

La fabricación de la máquina debe ser de tal manera que la máquina pueda ser desmontable para darle algún mantenimiento en un periodo corto de tiempo.

#### Solicitaciones:

Durante el presente proyecto de tesis se realizaron cálculos para determinar las fuerzas a las que están sometidas las diversas partes de la máquina.

#### Seguridad:

Es una característica de la máquina al término de su fabricación, por lo cual se tuvo mucha capacidad para posicionar a las partes de la máquina en zonas de poco peligrosas para el usuario.

#### Confiabilidad:

La máquina tiene la capacidad de trabajar independientemente del ser humano.

#### Influencia del medio ambiente:

El acero utilizado para la fabricación de la máquina debe tener propiedades de tal manera que no sufra oxidación y afecte a su funcionamiento (ante la dilatación de los metales).

#### Mantenimiento:

Se garantiza que las piezas de la máquina puedan ser intercambiables.

### **2.7.2 Restricciones Económicas**

#### Costos:

Los costos no tendrán que superar el costo promedio de una máquina estándar que es de 30,000 soles aproximadamente. Si se puede reducir más garantizando una mejor eficiencia se procederá a su diseño.

#### Costo mínimo de funcionamiento

La presente máquina permitirá el trabajo de un solo operario en el instante de encendido pero posteriormente la máquina trabajará automáticamente en la selección de los peces. Solo será necesario 1 operario para la alimentación y retiro de los peces.

#### Empleo de partes y piezas estandarizados y normalizados

Los materiales elegidos para la fabricación de la máquina están disponibles en el mercado en sus normas estándares correspondientes, de tal manera que se pueda proceder a su fabricación. En este caso no será necesaria la utilización de repuestos.



### **2.7.3 Restricciones condicionadas por el medio**

En este caso para la máquina a diseñar, el único producto perecible es el pescado pero no es propósito de la máquina seleccionarlo como pescado sino como pez estando este vivo, por lo que, no se tiene problemas de polución al medio ambiente. Lo que si se debe tener en consideración es el uso de la faja, ya que esta tiene condiciones alimentarias.

### **2.7.4 Restricciones ergonómicas**

La máquina a diseñar tendrá límites tanto en el largo como en el ancho de tal manera que pueda ser operada por el usuario sin ningún problema ergonómico

### **2.7.5 Restricciones basadas en las condiciones de seguridad de la vida y la salud**

La máquina seleccionadora de truchas es muy segura durante la operación de tal forma que el entorno de la máquina hacia el usuario sea amigable en su uso y su desplazamiento.

## CAPITULO 3

### DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA SELECCIONADORA DE TRUCHAS

En este capítulo se desarrolló la ingeniería del concepto solución de la máquina, es decir se hará un cálculo detallado de las piezas sometidas a cargas considerables de tal manera que la máquina pueda funcionar sin ningún problema posible.

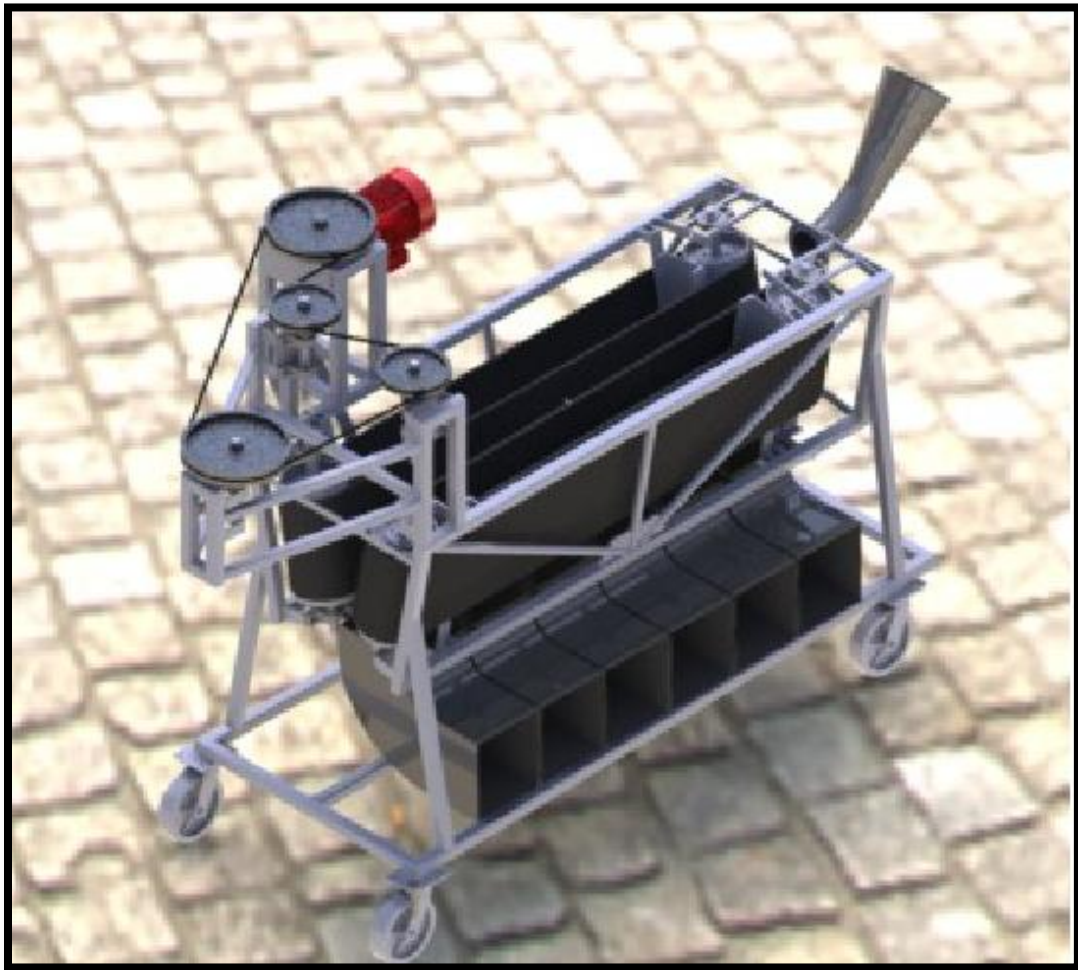


Figura 3.1 Máquina Seleccionadora de truchas

### 3.1 Cálculo de la capacidad de la faja

En primer lugar, se calculó la capacidad de transporte de la faja con la finalidad de hallar la potencia requerida por el sistema. De esa forma, se seleccionó el motorreductor correspondiente que alimenta al sistema mecánico de poleas.

Para este caso, solo hubo la necesidad de hallar la capacidad de una faja debido a que las dos fajas que se usaron son de las mismas características. Para el cálculo de la capacidad de la faja se utilizará el procedimiento sugerido por el departamento de cálculo del KAUMAN S/A.

Según el catálogo del KAUMAN S/A (catálogo alemán), se describe los siguientes parámetros:

B: Ancho de la banda (mm)

Ct: Coeficiente de conversión de la capacidad de transporte según el ángulo de talud.

K: Coeficiente de reducción de la capacidad de transporte según la inclinación.

L: Longitud de transporte (mm)

Qm: Capacidad teórica de transporte para velocidad de 1 m/s (tn/h)

Qt: Capacidad real de transporte (tn/h)

v: Velocidad de banda (m/s)

$\beta$ : Ángulo de artesa ( $^{\circ}$ )

$\rho$ : Densidad de pez trucha ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

Para el presente proyecto, por métodos didácticos, se consideró utilizar el procedimiento de cálculo para una banda transportadora de materiales ligeros debido a que la densidad del pez es ( $0,7 \text{ tn}/\text{m}^3$ ). Esto se describe en la nota final de este apartado.

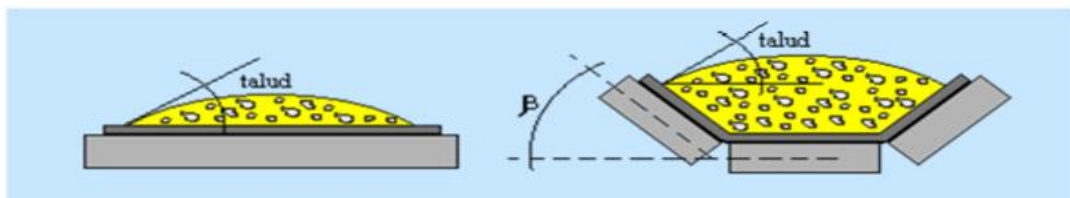


Figura 3.2 Configuración de bandas transportadoras<sup>28</sup>

El parámetro que se conoce es el ancho de la banda transportadora.

**B = 300 mm**

Luego, la capacidad teórica de la banda transportadora depende directamente del ancho y la velocidad de la banda.

Tabla 3.1 Capacidad de transporte<sup>29</sup>

TABLA II.- CAPACIDAD DE TRANSPORTE Qm PARA v = 1m/seg., EN M <sup>3</sup> /H							
Ancho	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de β indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
400	23	42	47	51	54	56	58
450	30	55	61	67	70	73	76
500	38	70	77	84	89	93	96
550	48	87	96	105	111	115	119
600	58	106	116	127	134	139	145
650	69	126	139	151	160	166	173
700	81	148	163	178	188	195	203
750	94	172	189	206	218	227	235
800	108	198	217	237	251	261	271
850	123	225	247	270	286	297	308
900	139	254	280	305	323	335	348
950	156	285	314	342	362	376	391
1.000	173	318	350	381	404	420	436
1.100	212	389	428	467	494	513	533
1.200	255	467	513	560	593	616	640
1.300	301	552	607	662	701	729	756
1.400	351	644	709	773	818	850	883
1.500	406	744	818	892	944	982	1.019
1.600	464	850	935	1.020	1.080	1.122	1.165
1.800	592	1.085	1.193	1.301	1.377	1.432	1.486
2.000	735	1.348	1.482	1.617	1.711	1.779	1.846
2.200	894	1.639	1.803	1.967	2.081	2.163	2.245

Según la tabla 3.1 para un ancho de 300mm y para un montaje de banda tipo plano se asumió una capacidad de **10 m<sup>3</sup>/h.**

$Q_m = 10 \text{ m}^3/\text{h}$  (Capacidad teórica de transporte a 1 m/s de velocidad de banda)

Esta capacidad teórica se multiplica por los diversos factores que influyen en el traslado de los peces trucha.

$v = 0,3 \text{ m/s}$  (velocidad de la banda transportadora)

$K = 0,9$  (Según el ángulo de inclinación de transporte 0°)

$C_t = 0,5$  (Según el ángulo de talud)

$\rho = 0,7 \text{ tn/m}^3$  (Densidad del pez trucha)

$$Qt1 = Qm \times v \times \rho \times Ct$$

$$Qt1 = 1,05 \text{ ton/h}$$

Finalmente, esta capacidad disminuye por el porcentaje de carga (el 40%)

$$Qt = 0,60 \times Qt1 = 0,63 \text{ tn/h}$$

**Notas:**

- Cabe hacer mención que si bien es cierto no se trata de un traslado realmente horizontal; por método didáctico, se está considerando un traslado horizontal ficticio como se explica en las observaciones finales del presente proyecto.

- Asimismo, es importante mencionar que la capacidad de las truchas es un factor variable debido a que éstas pueden ser seleccionadas antes de recorrer toda la longitud de la banda. Sin embargo, se asumirá que todas las truchas recorrerán toda la longitud de la banda para calcular la potencia máxima requerida por la máquina.

### **3.2 Cálculo experimental de la capacidad de selección de peces por hora**

En este acápite se calculó la capacidad de la máquina seleccionadora de truchas según sea el requerimiento de selección. La separación de las truchas en los criaderos se hace muy frecuente debido a la alta tasa de crecimiento que tiene cada trucha. Los rangos de selección se eligieron de acuerdo al estudio de la crianza de truchas en los criaderos. De no ser separadas las truchas comenzarían a comerse unas a otras, dificultándose de esta forma su crianza y su posterior comercialización, tal y como se explicó en los primeros capítulos.

A continuación, en la tabla 3.2 se muestran los 3 rangos de la separación de las banda para la posterior selección.

Tabla 3.2 Rangos de selección de peces

N° Rango	Separación de banda	Longitud de pez
1	4 a 12,5 mm	6,4 a 12,8 cm
2	13,1 a 20 mm	14,6 a 23 cm
3	22 a 29,3mm	23,5 a 30 cm

Se muestra en la figura 3.3 la tabla 3.2 en forma gráfica para su mejor comprensión.

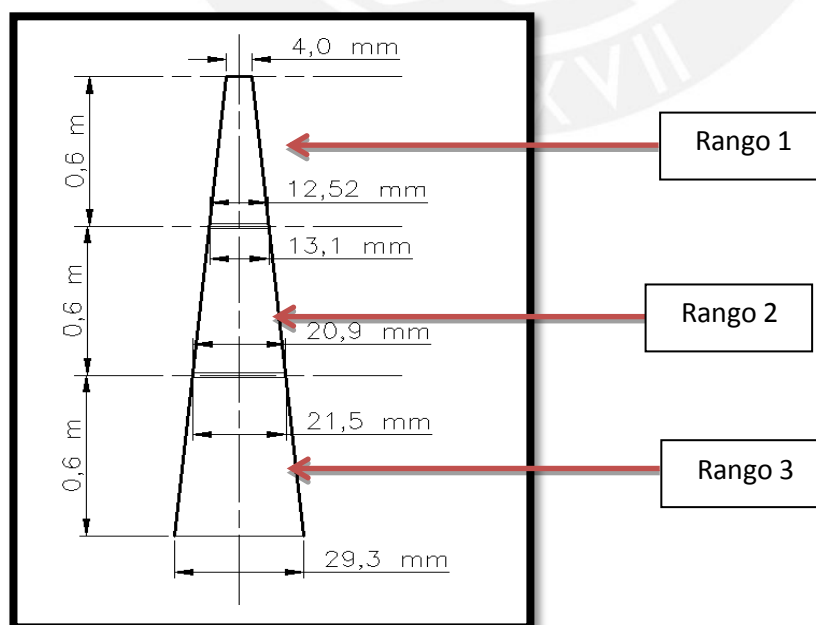


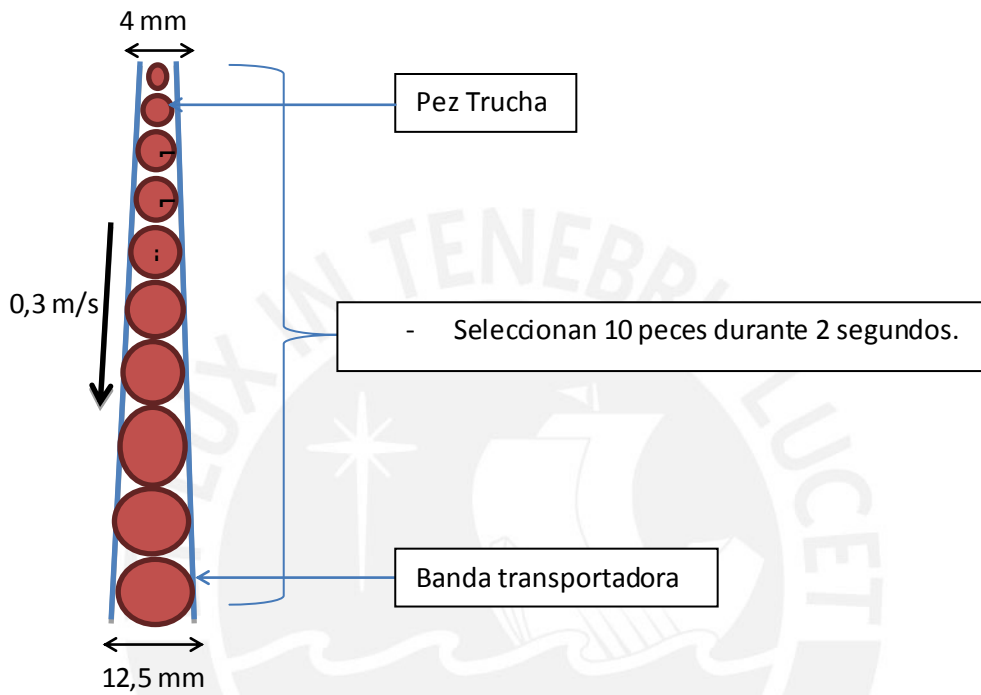
Figura 3.3 Rangos de selección



Según sea el requerimiento se tendrá un rango de selección. Cabe hacer mención que para cada rango la capacidad de selección varía, tal y como se muestra a continuación:

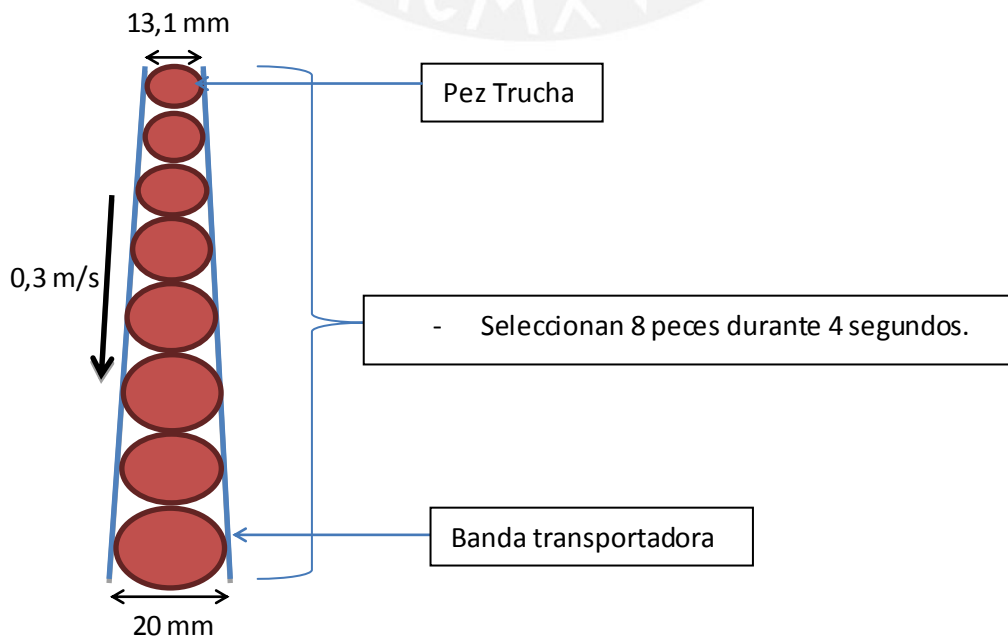
**Para el rango 1**

- Se asume que un pez cae después de otro continuamente luego de 0,2 segundos.
- La velocidad de la faja es 0,3 m/s



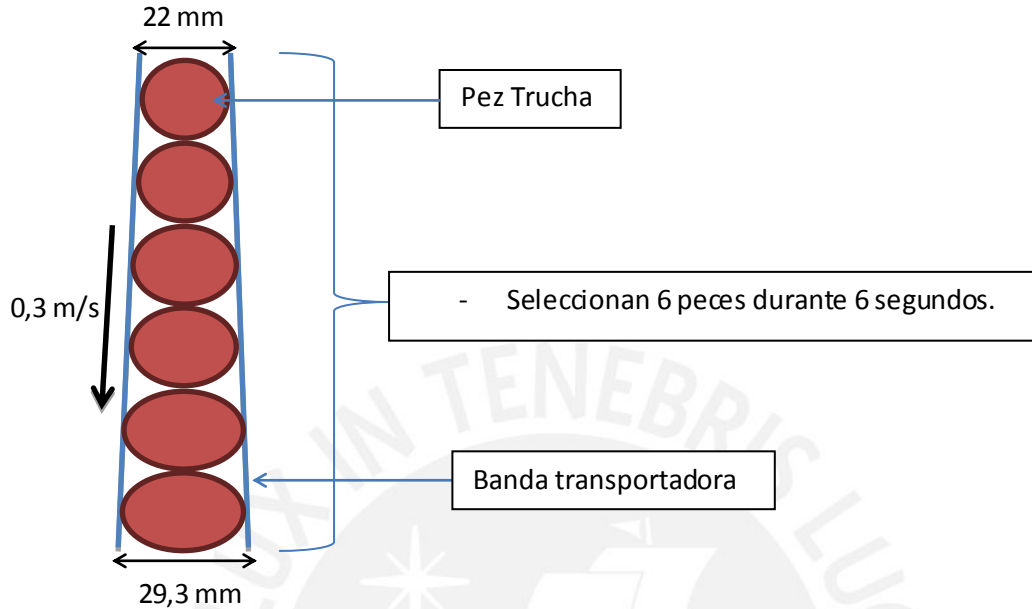
**Para el rango 2**

- Se asume que un pez cae después de otro continuamente luego de 0,5 segundos.
- La velocidad de la faja es 0,3 m/s.



**Para el rango 3**

- Se asume que un pez cae después de otro continuamente luego de 1 segundo.
- La velocidad de la faja es 0.3 m/s.



Finalmente, se muestra en la tabla 3.3 un resumen de la capacidad de selección por cada rango según sea el requerimiento.

Tabla 3.3

N° Rango	Separación de banda	Longitud del pez	Tiempo de caída de la trucha	Calculo experimental	Capacidad (peces / hora)
1	4 a 12,5mm	6,4 a 12,8 cm	0,2 s	10 peces en 2 segundos	18000
2	13,1 a 20mm	14,6 a 23 cm	0,5 s	8 peces en 4 segundos	7200
3	22 a 29,3mm	23,5 a 30 cm	1 s	6 peces en 6 segundos	3600

**3.3 Cálculo de la Potencia de la banda transportadora**

En este acápite se calculó la potencia necesaria para generar la capacidad real calculado en el acápite 3.1.

Según el catalogo del CEMA, se tiene lo siguiente:

Se consideraron las siguientes variables para el cálculo:

$A_i$  (N): Tensión de banda o fuerza requerida para superar la resistencia de fricción y los polines intermedios que rotan.

$H$  (m): Distancia vertical que el material es ascendido o descendido.

$K_t$ : Factor de corrección de temperatura ambiente.

$K_x$  (N/m): Factor usado para calcular la resistencia a la fricción de los polines intermedios.

$K_y$ : Factor de ejecución usado para calcular la combinación de la resistencia de la banda y la resistencia de la carga para flexar.

$L$  (m): Longitud de la banda transportadora.

$Q$  (tonelada/h): Capacidad requerida

$S_i$  (m): Espaciamiento de los polines intermedios.

$T_{ac}$  (N): Tensión total por los accesorios.

$T_{am}$  (N): Tensión resultante por acelerar el material continuamente.

$T_p$  (N): Tensión resultante de la resistencia de la banda para flexarse alrededor de las poleas y la tensión por la resistencia de los polines cuando rotan en sus rodamientos.

$$H_p = \frac{T_e \times v}{146500} \dots (1)$$

Donde  $v$  es la velocidad en fpm

$T_e$  es la tensión resultante

$H_p$  es la potencia requerida por la banda transportadora

$H = 0m$  (recorrido de la faja: horizontal, no se trata de faja con cangilones)

$K_t = 1$  (Temperatura de 15°C)

$L = 1,5 m$  (longitud de la faja en m)

El siguiente factor de corrección tiene relacionados los pesos lineales de la banda, así como el espaciamiento y la fuerza de resistencia a la fricción de los polines intermedios.

$S_i = 1,7m$

$W_b = 50,52 N/m$  (Peso de banda por metro de longitud)

$W_m = 5,1 N/m$  (Peso de trucha por metro de longitud)

$K_x = 0.00068 \times (W_b + W_m) = 0,003$  (Factor de corrección por temperatura)

$K_y = 0,035$  (Factor de corrección por flexión de faja)

$T_{am} = 2.8755 \times 10^{-4} \times Q_t \times (v \times 3.2808 \times 60)$

$T_{am} = 0,29 N$

$T_p = 200 + 150 = 350 \text{ lbs. (1554 N)}$

$$T_e = (L \times K_t \times (K_x + K_y \times W_b + 0.015 \times W_b) + W_m \times (L \times K_y) + T_p + T_{am}) = 351,006 \text{ lbs}$$

$$T_e = 1558,4 \text{ N} \dots (2)$$

$$v = 0,3 \text{ m/s} \dots (3)$$

Luego, (2) y (3) en (1)

$$H_p = 0,628 \text{ hp}$$

$$\text{Esto en kW es: } 0,628 \times 0,746 = 0,46 \text{ kW}$$

Este valor representa la potencia requerida por cada banda; es decir, la potencia total requerida por el sistema es 0,92 kW.

**Este resultado indica que es necesario usar un motorreductor de aproximadamente 1kW para generar una capacidad de transporte de 0,63 tn/h.**

### 3.4 Cálculo de la potencia del motorreductor

Debido al rendimiento que posee el motorreductor se calculó la potencia final que deberá suministrar al sistema.

P<sub>m</sub>: Potencia motriz necesaria (kW)

P<sub>t</sub>: Potencia del tambor motriz (kW)

n: rendimiento

$$P_t = 0,92 \text{ kW}$$

n: 0,89 (Debido a las pérdidas que existen de energía eléctrica a energía mecánica)

$$P_m = P_t/n = 1,034 \text{ kW}$$

Cabe hacer mención que para el presente proyecto se utilizó un motor de marca SEW por su alta eficiencia.

Para seleccionar el motorreductor se utilizó su potencia y su torque generado. Según el catalogo se seleccionó un motor de 1,5 kW. Posteriormente, en el acápite 3.10, se muestra el cálculo del torque principal requerido para la máquina.

### 3.5 Cálculo de la fuerza periférica en el tambor de accionamiento.

En este acápite se hizo el cálculo de la fuerza o tensión que se origina en la banda transportadora. El nombre de la fuerza se denomina fuerza periférica.

P<sub>efectiva</sub>: Potencia efectiva (kW)

V: Velocidad (m/s)

F<sub>pt</sub>: Fuerza periférica en el tambor (N)

$P_{\text{efectiva}} = 0,46 \text{ kW}$

$v = 0,3 \text{ m/s}$

$F_{\text{pt}} = (P_{\text{efectiva}} \times 1000) / v$

**$F_{\text{pt}} = 1,533 \text{ N}$**

En la figura 3.3 se muestra la configuración de la banda transportadora para su mayor comprensión.

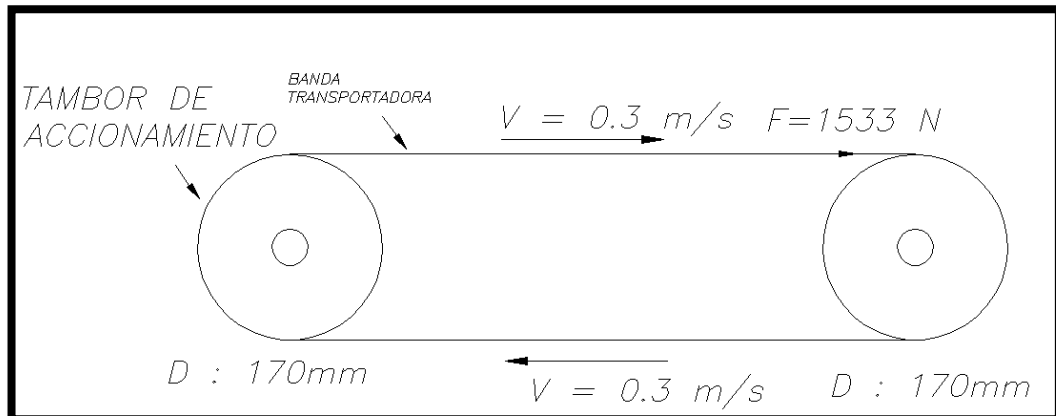


Figura 3.3 Tambor de accionamiento

De igual forma se muestra en la figura 3.4 la vista horizontal de la máquina, indicando el ángulo horizontal entre bandas transportadoras.

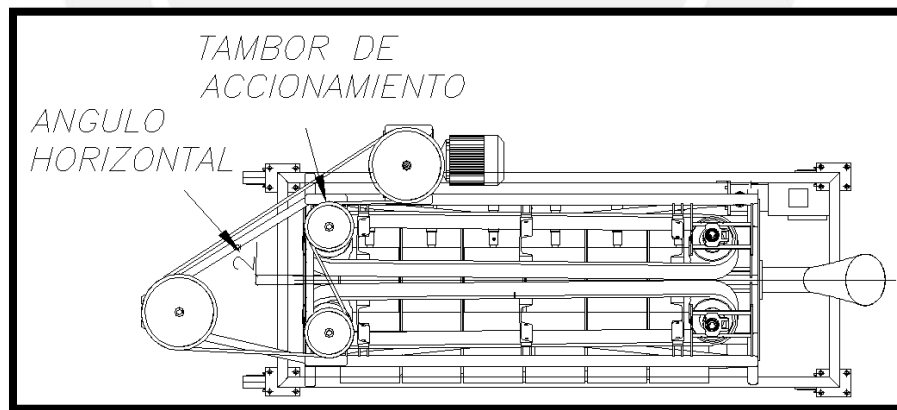


Figura 3.4 Angulo horizontal

### **3.6 Cálculo del diámetro mínimo del tambor de accionamiento**

La selección del diámetro el tambor se realizó según el catalogo Link Belt 1050 que se anexa al final del presente trabajo. Luego, se definen los siguientes parámetros:

$\beta$ : ángulo de abrazamiento (rad)



A: ancho de banda (mm)

v : velocidad (m/s)

Dt: Diámetro mínimo del tambor (mm)

$\beta = 180^\circ$

A = 300 mm

$Dt = (5,84 \times P_{\text{efectiva}} \times 10^6) / (v \times \beta \times A)$

Reemplazando los respectivos valores, se obtiene:

**Dt = 165,82 mm**

Se indica que como mínimo se debe utilizar un polín aproximadamente con diámetro 165 mm.

Por seguridad de trabajo, se seleccionó un polín de 170mm. Cabe hacer mención que por facilidad de fabricación y económico, el polín se obtendrá a partir de una plancha rolada y soldada.

En la figura 3.5 se muestra la vista frontal de los tambores de la máquina, indicando el ángulo vertical formado entre bandas. Como se puede observar el tambor de accionamiento tiene una configuración inclinada debido a que la banda tiene un trabajo inclinado.

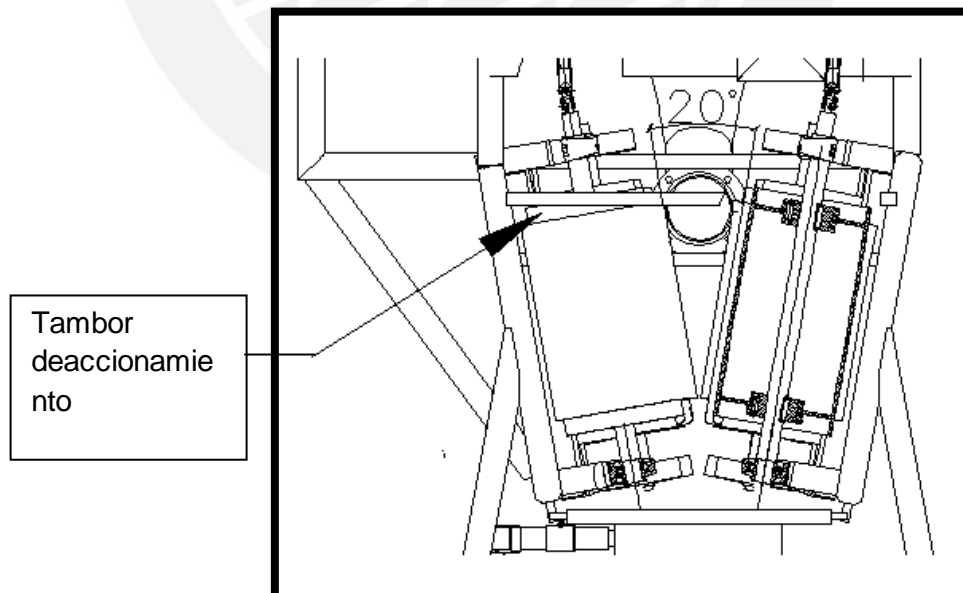


Figura 3.5 Angulo vertical entre bandas

### 3.7 Cálculo del número de revoluciones del tambor de accionamiento

A continuación se calculó el número de revoluciones con que gira el tambor de accionamiento. Para ello se definen los siguientes parámetros:

$N_t$ : revoluciones del tambor de accionamiento (1/min)

$D_{t1} = 165\text{mm}$ , según catálogo Link Belt

Donde  $D_{t1}$  es el diámetro del tambor (mm)

$$N_t = (v \times 19100) / D_{t1}$$

Donde  $N_t$  es el número de revoluciones por minuto del tambor de accionamiento.

$$N_t = 34,727 \text{ rev/min equivalente a } \omega = 3,5 \text{ rad/s ... (4)}$$

### 3.8 Cálculo del torque en el eje principal

En este acápite se calculó el torque del eje principal.

$$\omega = (N_t \times \pi) / 30 \text{ (Velocidad en radianes por segundo)}$$

$$T = (P_{\text{efectiva}} / \omega) \times 1000 ,$$

Reemplazando los valores respectivos, se obtiene:

$$T = 126,491 \text{ N.m}$$

donde  $T$  es el torque transmitido por el eje del tambor de accionamiento principal.

A continuación, en la presente máquina se hizo uso de una junta tipo cardán para la transmisión de potencia del eje proveniente de la polea secundaria hacia el otro eje del tambor principal.

### 3.9 Cálculo de la velocidad de entrada en el cardán

La velocidad adquirida por cada eje en una junta cardanica obedece la siguiente relación:

$$\omega = (\cos(\beta) / (1 - \sin^2(\theta)\sin^2(\beta))) \times \omega_1 \dots (5)$$

donde  $\omega_1$  es la velocidad angular de entrada

$\omega$  es la velocidad angular de salida

A continuación, se muestra un gráfico donde se indica los valores de los ángulos mencionados anteriormente. Asimismo, se observa en la figura 3.8 que para un ángulo entre ejes de  $10^\circ$  la variación de la velocidad entre eje de entrada y salida es mínimo.

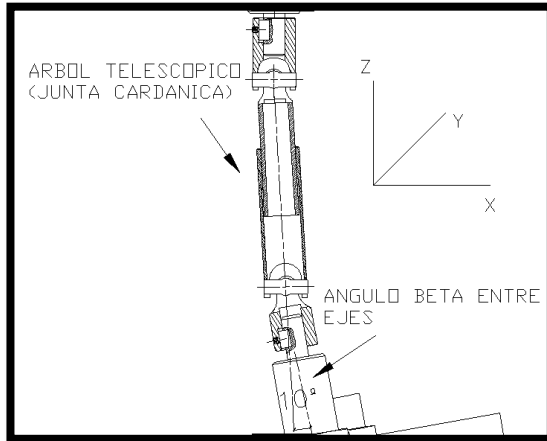


Figura 3.6 – Junta cardanica

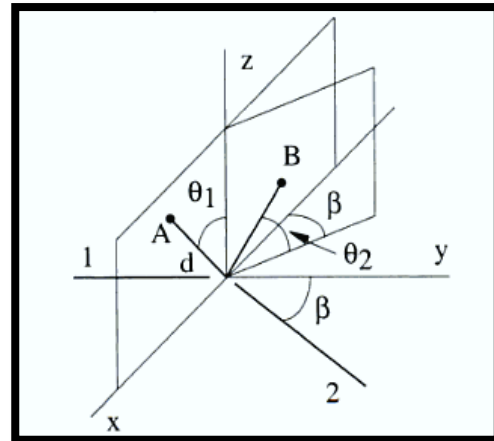


Figura 3.7 – Eje de entrada – Eje de salida – Grafico esquemático

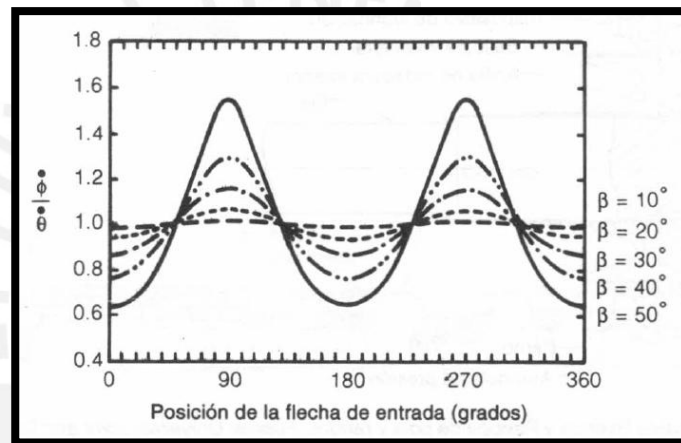


Figura 3.8 – Relación de velocidades

En este caso se puede observar que la relación entre las velocidades de los ejes phi prima (representado por “w”) y teta prima (representado por “w<sub>1</sub>”) respectivamente es prácticamente 1, ya que el ángulo β es 10 ° como se observa en la figura 3.6.

Velocidad del eje de entrada según las variables utilizadas para el presente diseño:

$$w = (\cos(10^\circ) / (1 - \sin(10^\circ)^2)) \times w_1; \text{ entonces de (4) y (5) se obtiene que:}$$

$$w_1 = 3,7 \text{ rad/s equivalente a } 35,33 \text{ rpm,}$$

donde w<sub>1</sub> es la velocidad angular de entrada

w es la velocidad angular de salida

Como se puede observar la velocidad es casi la misma que la calculada en el acápite 3.7, lo que informa que para el presente caso con los parámetros descritos la velocidad no varía considerablemente.

### 3.10 Verificación de resistencia del eje de entrada del cardán

Para verificar la resistencia de los ejes auxiliar, secundaria y principal se muestra en la figura 3.9 la relación de los ejes en la máquina.

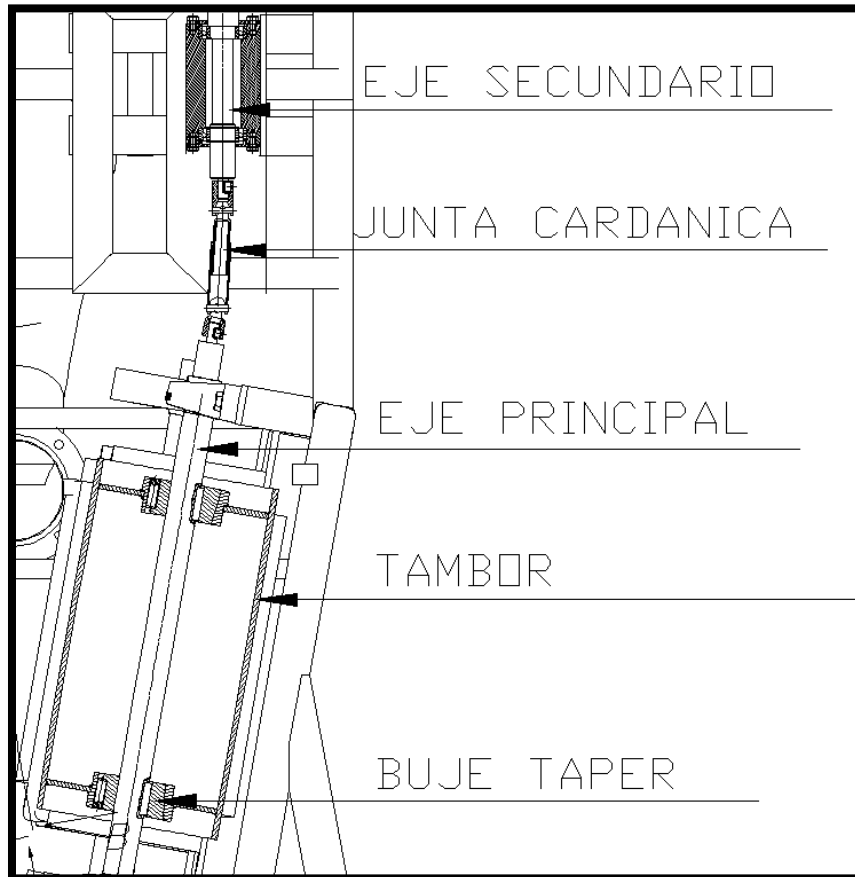


Figura 3.9 Mecanismo de la máquina

### Transmisión de fuerzas en las poleas

A continuación en la figura 3.10 se muestra la configuración de las poleas en donde se calculó cada una de las fuerzas de transmisión en el sistema de poleas. Además, se calculó el torque requerido por el sistema con la finalidad de seleccionar el motorreductor.

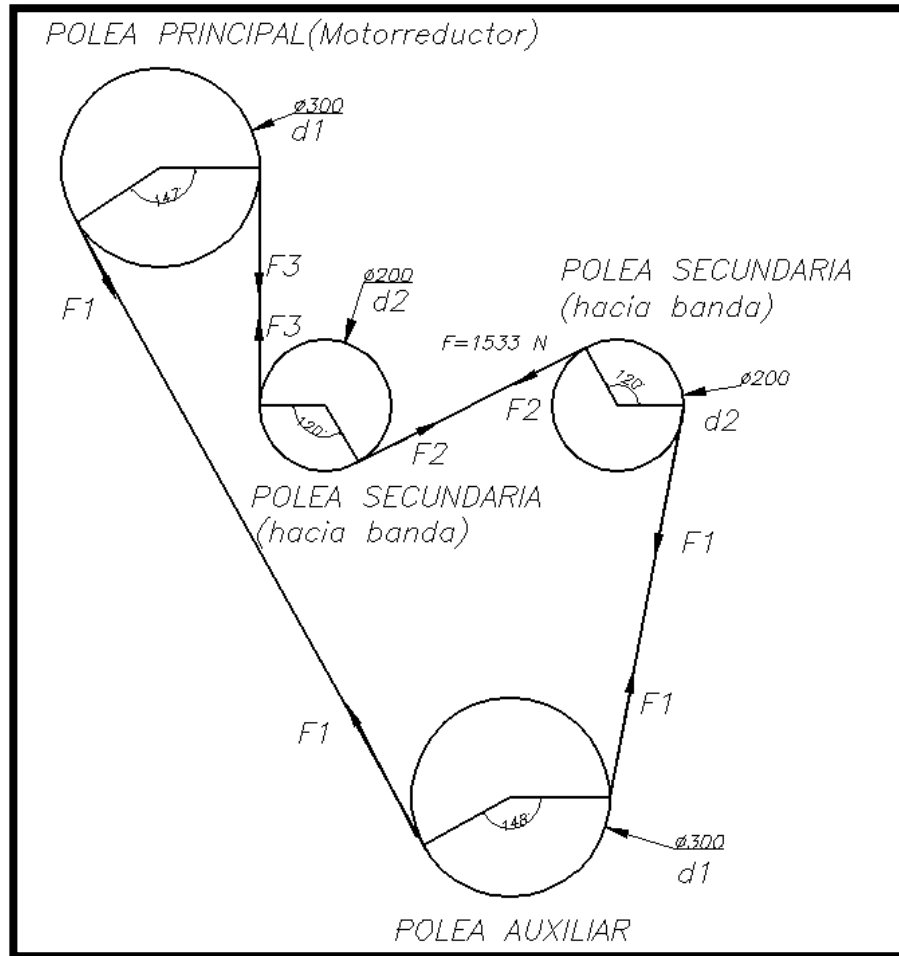


Figura 3.10 D.C.L de poleas

Es importante mencionar que el sistema que se mostró en la figura 3.10 tiene algunas particularidades de funcionamiento, las cuales se describen a continuación:

- El sistema está alimentado a través de un solo motorreductor que hará girar a la polea principal y a consecuencia, con la ayuda de la faja, se transmitirá el movimiento a las otras poleas (auxiliar y secundaria).
- La faja utilizada para la transmisión del movimiento entre las poleas es de sección circular, ya que este tipo de sección nos brinda la facilidad de girar las poleas secundarias de manera horaria y antihoraria respectivamente. Esto se observa en la figura 3.10.
- El sistema mostrado deberá ser templado de tal manera que se logre el giro requerido para cada polea. Asimismo, se tiene que templar de tal forma que permita un fácil acceso a la máquina para un mantenimiento posterior.



### Relación de fuerzas en las poleas

$$F_3 - F_1 = (2 \times M_{t1}) / d_1$$

$$F_3/F_1 = e^{(u \times \pi)}$$

$$F_3 - F_2 = (2 \times M_t) / d_2$$

$$F_2 - F_1 = (2 \times M_t) / d_2$$

Donde  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  son las fuerzas que se transmitirán al eje de cada polea; y  $d_1$  y  $d_2$  son los diámetros de las poleas respectivamente. A continuación, se calculó el torque transmitido por las poleas secundarias hacia sus respectivos ejes.

Los parámetros a considerar para el cálculo de los torques son los siguientes:

$$e_{faja} = 0.95 \text{ (eficiencia de la faja)}$$

$$M_t = (P_{efectiva}) / (w_1 \times e_{faja}) \times 1000 = 130,87 \text{ N.m}$$

Enseguida se calcula las fuerzas de transmisión de cada polea, pero para ello, se conocen los siguientes datos:

Ángulo de abrazamiento de la correa con la polea motriz:  $213^\circ$

Coefficiente de fricción entre polea y faja: 0.25

$u_1 = 0.25$  (Coefficiente de fricción)

$u = (u_1) / \sin(20^\circ \times (\pi/180^\circ)) = 0,731$  (Coefficiente de fricción corregido)

$\Phi = 213^\circ \times \pi / 180^\circ = 3,718 \text{ rad}$  (Ángulo de abrazamiento)

Se tiene que:

$d_1 = 300 \text{ mm}$  y  $d_2 = 200 \text{ mm}$

donde  $d_1$  es el diámetro de la polea principal

$d_2$  es el diámetro de la polea secundaria

A continuación se muestra el valor de cada fuerza y el valor de  $M_{t1}$  (torque del motorreductor) que se calcularon de acuerdo al diagrama de la figura 3.10. Se plantea que:

$$F_3 - F_1 = 2 M_{t1} / d_1 \dots (6) \quad F_3 - F_2 = 2 M_t / d_2 \dots (7) \quad F_2 - F_1 = 2 M_t / d_2 \dots (8)$$

De (6), (7) y (8) se obtiene:

$$F_1 = 185,10 \text{ N}$$

$$F_2 = 1494 \text{ N}$$

$$F_3 = 2802 \text{ N}$$

$$M_{t1} = 392,6 \text{ N.m}$$

Con las fuerzas calculadas se muestra en la figura 3.11 el sistema de poleas con los valores respectivos.

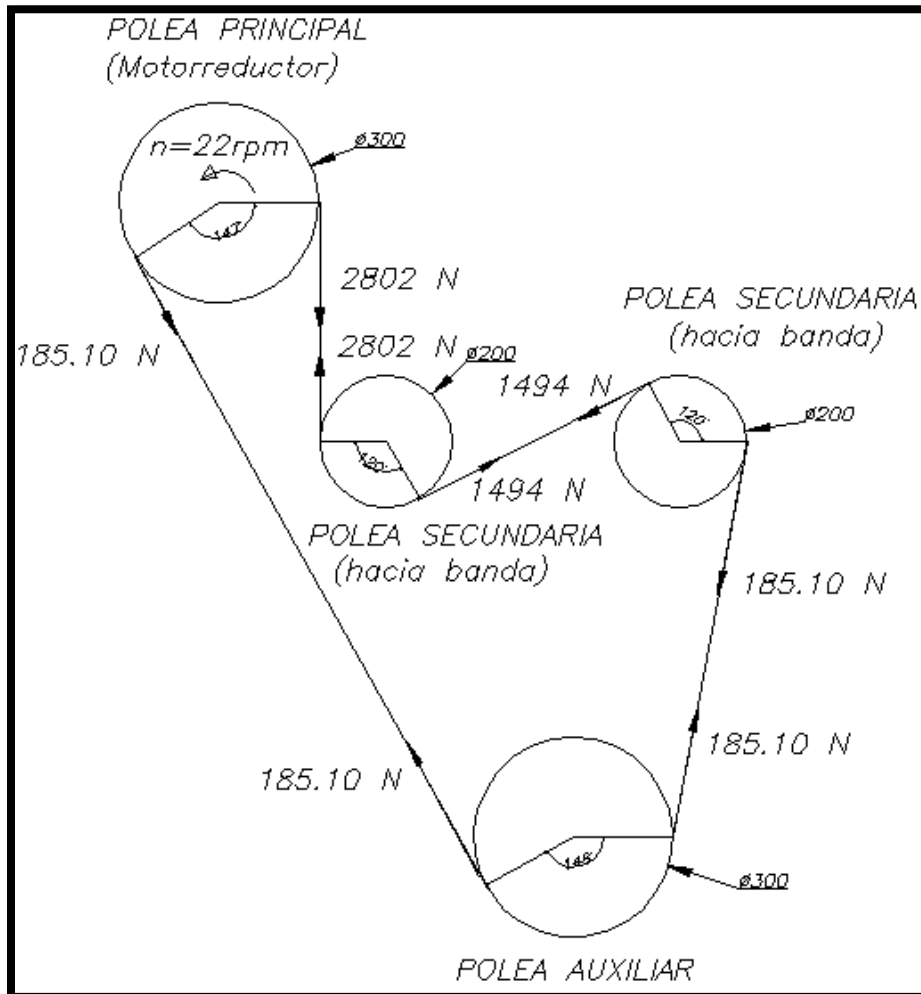


Figura 3.11 Diagrama del sistema

### 3.11 Selección del motorreductor

Para la selección del motorreductor se utilizó el catálogo de la marca SEW EURODRIVE, ya que tiene las siguientes características:

- Bajo ruido
- Simplicidad
- Alta capacidad de reducción
- Tipo tornillo helicoidal

Según los requerimientos de la máquina antes calculados se tiene las siguientes solicitaciones.

**Torque = 392,6 N.m**

**Potencia = 0,92 kW**

El tipo de motorreductor que se selecciona es del tipo **S77 DT 90 L4** según el catalogo; es decir, es un motorreductor de eje acoplado.

Las características de motorreductor son las siguientes:

**Torque = 550 N.m**

**Velocidad reducida = 22 rpm**

**Potencia = 1,5 kW**

**Índice de reducción = 63,03**

En base a las fuerzas calculadas anteriormente se verificó las resistencias de los ejes de las poleas transmisoras y del tambor de accionamiento.

A continuación, se muestra en la figura 3.13 el diagrama de cuerpo libre del eje secundario.

Asimismo, se muestra en la figura 3.12 el ensamble del eje secundario con su respectivo cubo para su mejor comprensión.

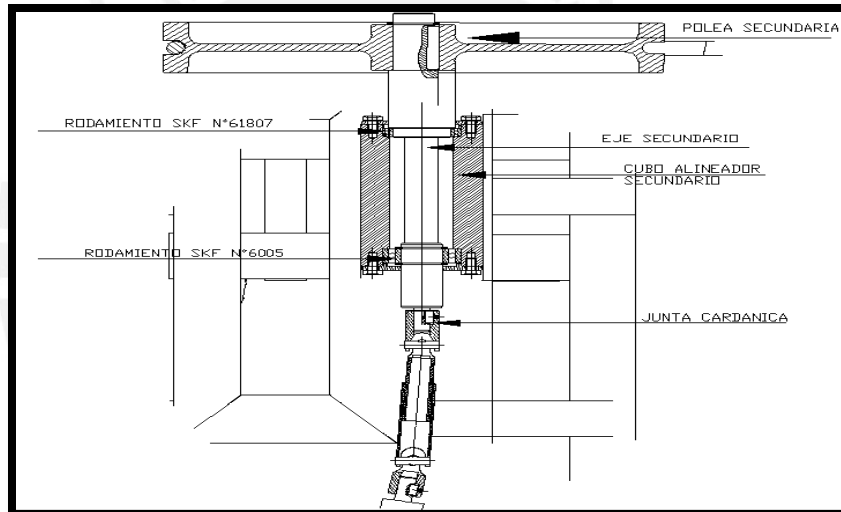


Figura 3.12 Partes del eje secundario

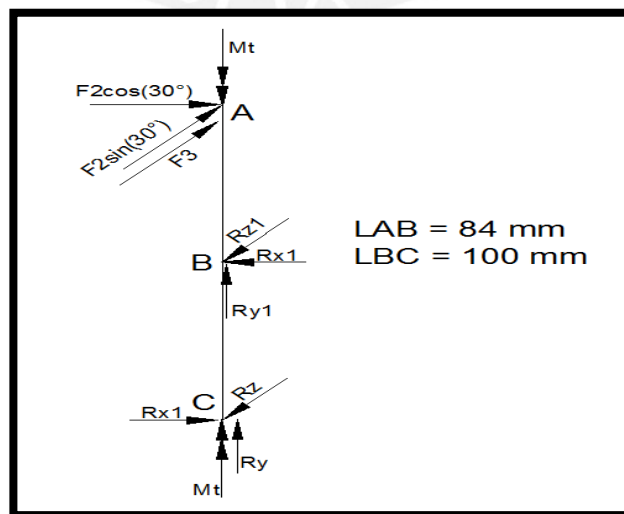


Figura 3.13 D.C.L del eje secundario

Según el D.C.L, se plantea el equilibrio del sistema:

**En el eje X**

$$F_2 \cos (30^\circ \times \pi / 180^\circ) + R_x = R_{x1}$$

$$R_{x1} \times L_1 = (F_2 \sin (30^\circ \times \pi / 180^\circ) + F_3) \times (L_1 + L_2)$$

**En el eje Z**

$$R_z + R_{z1} = F_3 + F_2 \sin (30^\circ \times \pi / 180^\circ)$$

$$R_{z1} \times L_1 = (F_2 \sin (30^\circ \times \pi / 180^\circ) + F_3) \times (L_1 + L_2)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se obtiene:

**$R_x = 1087 \text{ N}$**

**$R_{x1} = 2381 \text{ N}$**

**$R_z = -2981 \text{ N}$  (Dirección contraria a la señal en la figura)**

**$R_{z1} = 6530 \text{ N}$**

**Observación:** Como se puede apreciar en la figura 3.13 existen reacciones axiales  $R_y$ , las cuales no son considerables en comparación con las fuerzas horizontales, dado que la única fuerza axial en el sistema es el peso del eje.

Se muestra en la figura 3.14 el diagrama de cuerpo libre del eje con sus valores respectivos.

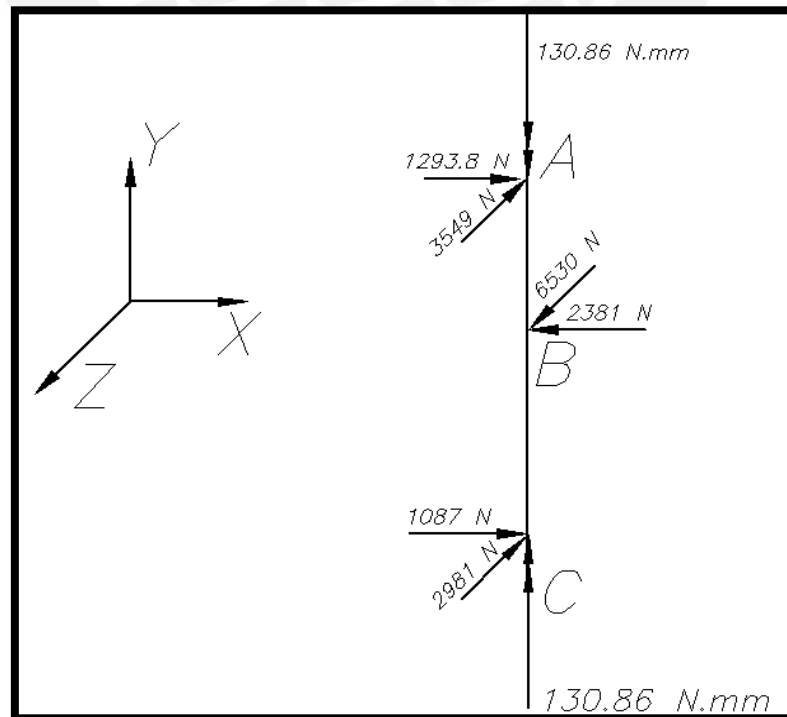


Figura 3.14 D.C.L del eje secundario con valores

A continuación se muestra en la figura 3.15 el diagrama de fuerzas internas del eje secundario.

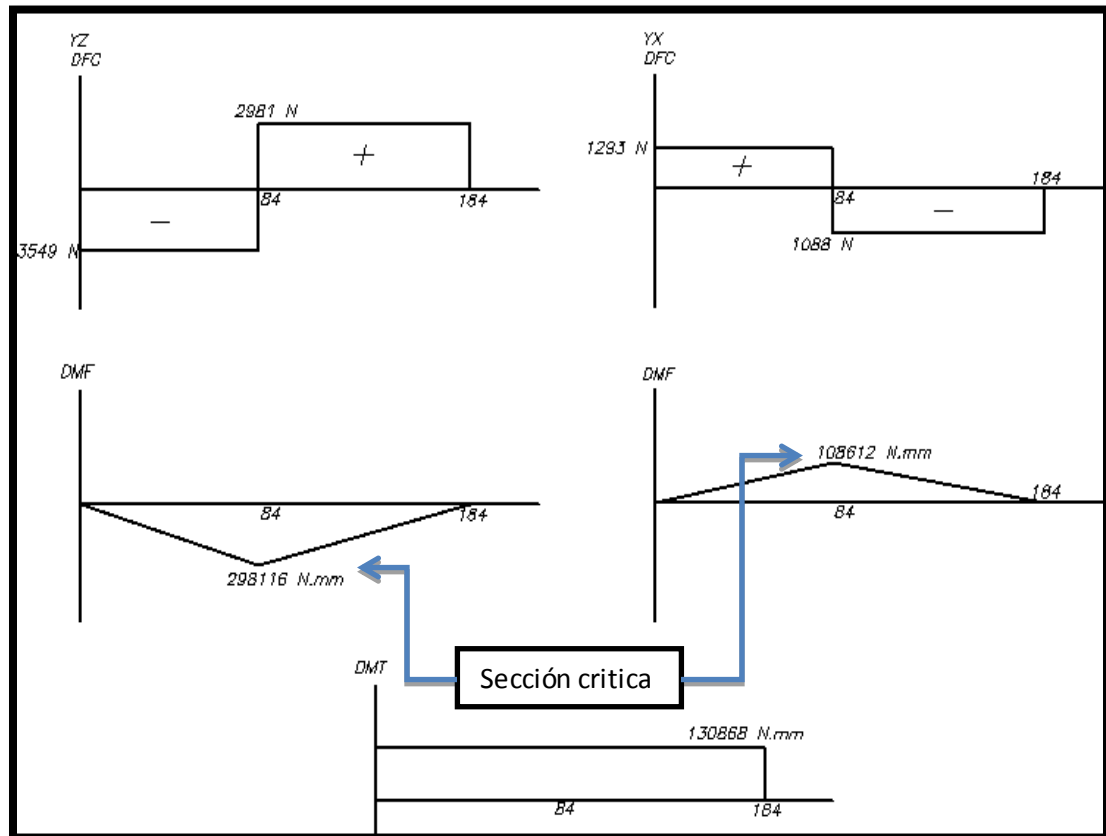


Figura 3.15 Diagrama de fuerzas internas – Eje secundario

Analizando la sección más crítica, se tiene:

$$M_{fr} = \sqrt{298,116^2 + 108,612^2} = 3,173 \times 10^5 \text{ N.mm (Momento flector resultante)}$$

$$M_t = 130,868 \text{ N.mm (Momento torsor resultante)}$$

El árbol tiene un giro alternante, por lo que se cumple:

$$D_{eje} = 35 \text{ mm}$$

$$\sigma_{fa} = (32 \times M_{fr}) / (\pi \times D_{eje}^3) = 75,378 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fm} = 0$$

$$\tau_m = (16 \times M_t) / (\pi \times D_{eje}^3) = 15,545 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{meq} = \sqrt{3} \times \tau_m = 26,925 \text{ N/mm}^2$$

A continuación se muestran los factores de corrección:

Coeficiente de tamaño:  $C_s = 0,98$

Coeficiente de rugosidad:  $C_t = 0,78$



Coeficiente de temperatura:  $C_{temp} = 1$

Coeficiente de tipo de carga (Flexión):  $C_{conf} = 1$

Coeficiente de confiabilidad  $C_{conf} = 1$

Se procede a calcular el factor de concentración de esfuerzos

Radio de entalle

$r = 1 \text{ mm}$  (Este valor se encontró según el manual SKF como se muestra en los anexos)

Para la fabricación de los ejes se utilizó el acero AISI SAE 1045 o su equivalente en la norma DIN ck 45.

Entonces se tiene que:

$$\sigma_f = 390 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{alt} = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_B = 650 \text{ N/mm}^2$$

$$n = 1 / (1 + ((8/r) \times (1 - \sigma_f/\sigma_B)^3))$$

$$K_t = 2.14$$

$$\beta = 1 + (n \times (K_t - 1)) \text{ (Factor de concentración de esfuerzos)}$$

$$\sigma_{f'a} = (\beta / (C_s \times C_t \times C_{temp} \times C_c \times C_{conf})) \times \sigma_{fa}$$

$$\tau'_a = 0$$

$$\sigma'_{aeq} = \sqrt{\sigma_f'^2 a^2 + 3(\tau'_a)^2} = 172,96 \text{ N/mm}^2$$

Luego se calcula el factor de seguridad del eje:

$$F.S = (\sigma_B \times \sigma_{alt}) / ((\sigma_{alt} \times \sigma_{meq}) + (\sigma'_{aeq} \times \sigma_B)) = 1,867$$

**Se verifica su buen funcionamiento.**

**Nota:** No será necesario verificar el eje del otro tambor dado que el más exigido es el verificado anteriormente, por ende, se deduce que tampoco falla en su funcionamiento.

Calculo del eje de la polea auxiliar

A continuación, se muestra en la figura 3.16 el diagrama de polea del eje auxiliar.

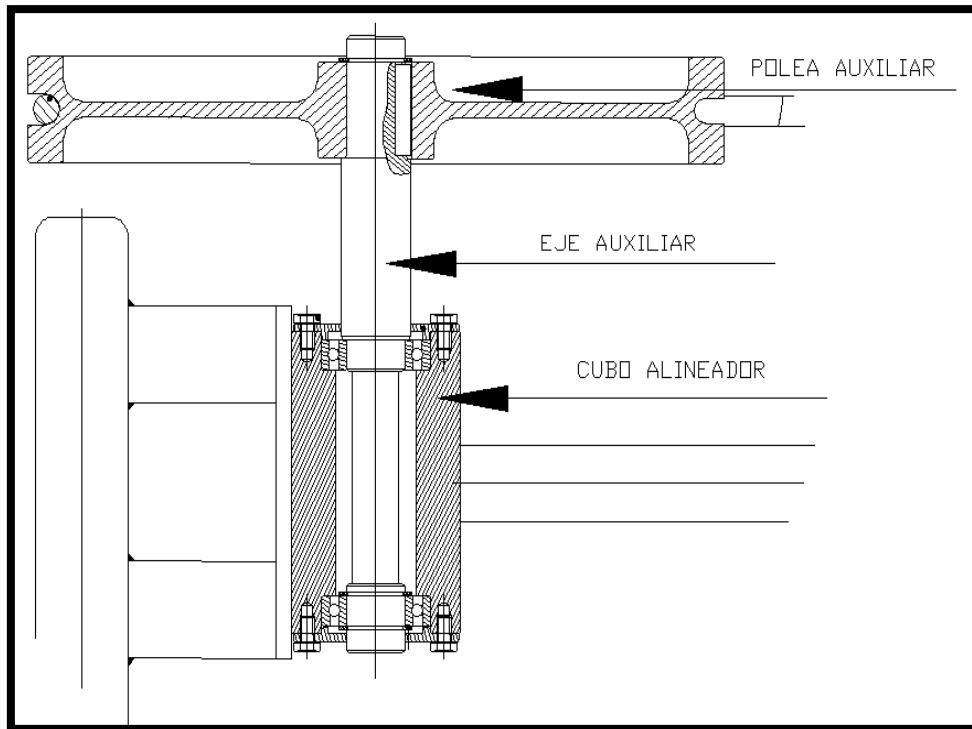


Figura 3.16 Eje auxiliar

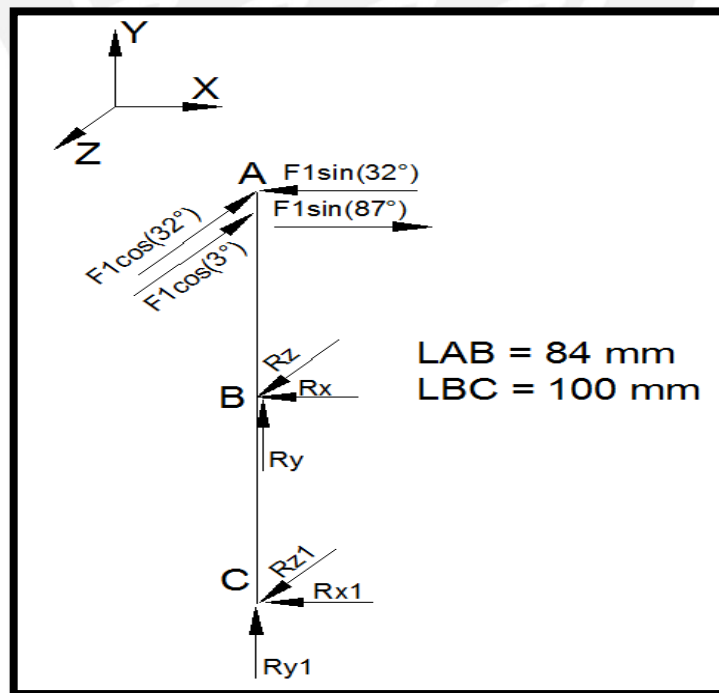


Figura 3.17 D.C.L eje auxiliar

Según la figura 3.17, en el D.C.L del eje auxiliar, se hallan las fuerzas de los rodamientos sobre el eje.

**En el eje Z**

$$R_x + R_{z1} = F_1 \times (\cos (32^\circ \times \pi / 180^\circ)) + \cos (3\pi / 180^\circ))$$

$$L_1 \times R_z = (L_1 + L_2) \times F_1 \times (\cos (32^\circ \pi / 180^\circ) + \cos (3\pi / 180^\circ))$$

**En el eje X**

$$F_1 \times \sin (87\pi / 180^\circ) = F_1 \sin (32\pi / 180^\circ) + R_{x1} + R_x$$

$$R_x \times L_1 + (F_1 \sin (32\pi / 180^\circ) \times (L_1 + L_2)) = F_1 \times \sin (87\pi / 180^\circ) \times (L_1 + L_2)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene:

**$R_x = 159,635 \text{ N}$**

**$R_{x1} = -72,877 \text{ N}$  (Dirección contraria a la señal en la figura)**

**$R_z = 628,949 \text{ N}$**

**$R_{z1} = -287,129 \text{ N}$  (Dirección contraria a la señal en la figura)**

A continuación se muestra en la figura 3.18 el diagrama de fuerzas internas del eje auxiliar.

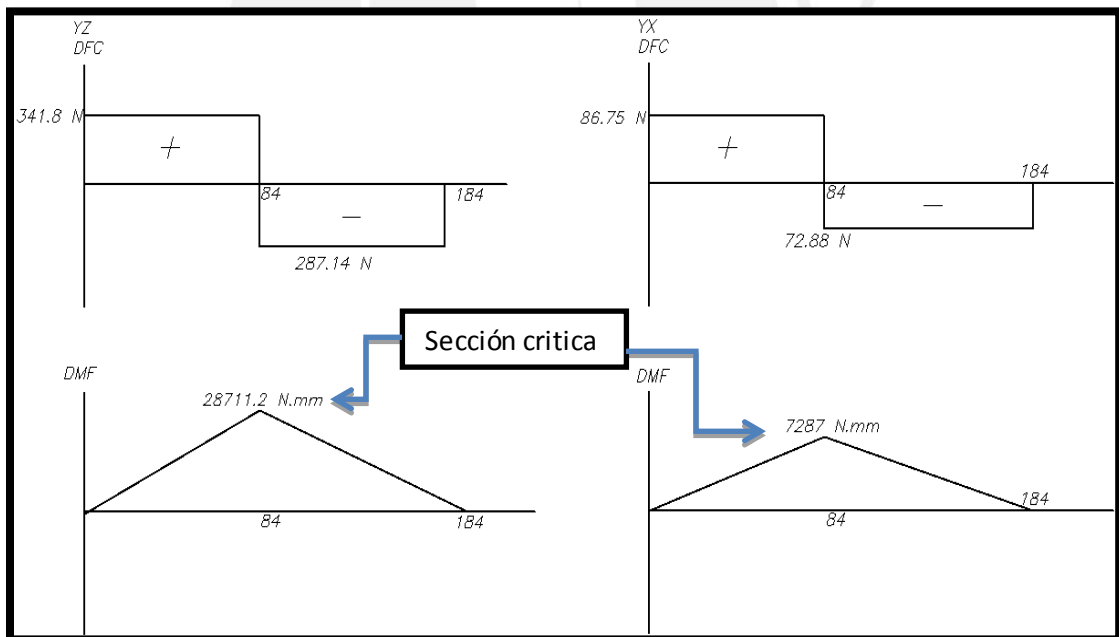


Figura 3.18 Diagrama de fuerzas internas – Eje auxiliar

Analizando la sección más crítica

$M_{xy} = 7,287 \text{ N.mm}$

$M_{zy} = 28,711.2 \text{ N.mm}$

$M_{fr} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{zy}^2} = 2,962 \times 10^4 \text{ N.mm}$

El árbol gira de manera alternante, por lo que se cumple:

$$d_3 = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{fa} = (32 M_r) / (\pi \times d_3^3) = 19,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fm} = 0$$

$$r = 1 \text{ mm (Radio de entalle)}$$

$$K_t = 1.72$$

$$\beta = 1 + (n \times (K_t - 1))$$

$$n = 1 / (1 + ((8/r) \times (1 - \sigma_f/\sigma_B)^3))$$

$$\sigma_{fa}' = (\beta / C_s \times C_t \times C_{temp} \times C_c \times C_{conf}) \times \sigma_{fa} = 37,291 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{meq} = 0$$

$$\sigma_{aeq}' = \sigma_{fa}'$$

Luego se calcula el factor de seguridad del eje:

$$F.S = (\sigma_B \times \sigma_{alt}) / ((\sigma_{alt} \times \sigma_{meq}) + (\sigma_{aeq}' \times \sigma_B)) = 9,386$$

Se verifica su buen funcionamiento

### Calculo del eje del tambor

Para la verificación del buen funcionamiento del eje que transmite la potencia al tambor se tuvo que calcular las fuerzas en las fajas durante el flujo de los peces trucha.

A continuación se muestra en la figura 3.19 el tambor de accionamiento para su mejor comprensión.

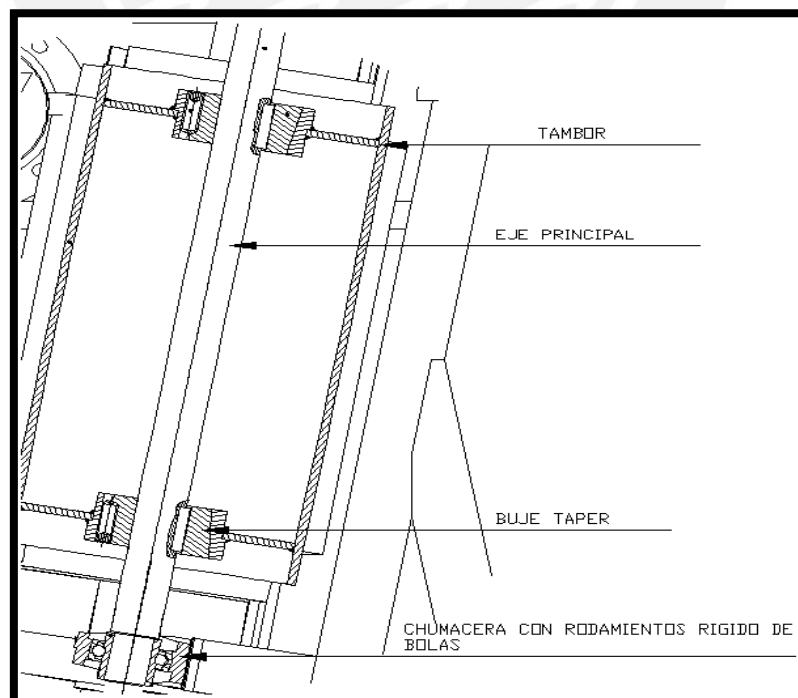


Figura 3.19 Eje principal

En primer lugar, se calculó las tensiones originadas en la banda transportadora tal y como se muestra en la figura 3.20. Entonces se plantea las siguientes ecuaciones:

$$T_1 - T_2 = 2 \times (M_t / D_{t1})$$

$$T_1 / T_2 = e^{\mu \times \varphi}$$

Resolviendo el sistema, se obtiene:

$$T_1 = 2,735 \text{ N}$$

$$T_2 = 1,247 \text{ N}$$

Donde  $T_1$  y  $T_2$  son las fuerzas de la faja transportadora en Newton.

$D_{t1}$  es el diámetro del tambor motriz.

$\mu$  es el coeficiente de fricción entre la polea y la banda transportadora.

$\Phi$  es el ángulo de abrazamiento de la banda con el tambor.

Luego, se traslada las fuerzas  $T_1$  y  $T_2$  del tambor motriz al eje principal.

A continuación se muestra en la figura 3.20 el D.C.L del eje principal.

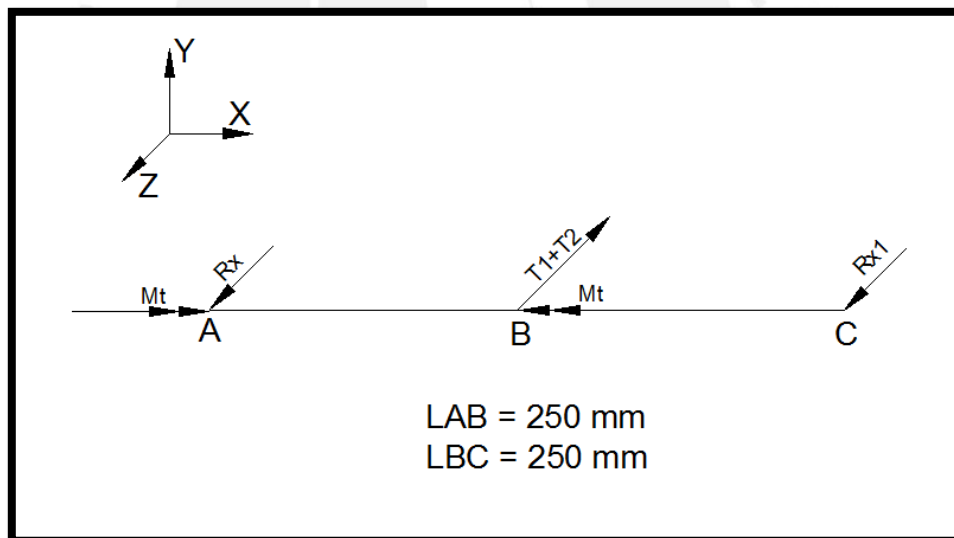


Figura 3.20 D.C.L de Eje principal

Se plantea el sistema de ecuaciones para el sistema estático como el mostrado anteriormente.

### En el eje Z

$$R_x + R_{x1} = T_1 + T_2$$

### Ecuación de momentos – Eje Z

$$R_x (L_1 + L_2) = (T_1 + T_2) \times (L_1)$$

Resolviendo el sistema, se obtiene:



$$R_x = 1,991 \text{ N}$$

$$R_{x1} = 1,991 \text{ N}$$

Con las fuerzas obtenidas, a continuación se muestra en la figura 3.21 el diagrama de fuerzas internas del eje principal.

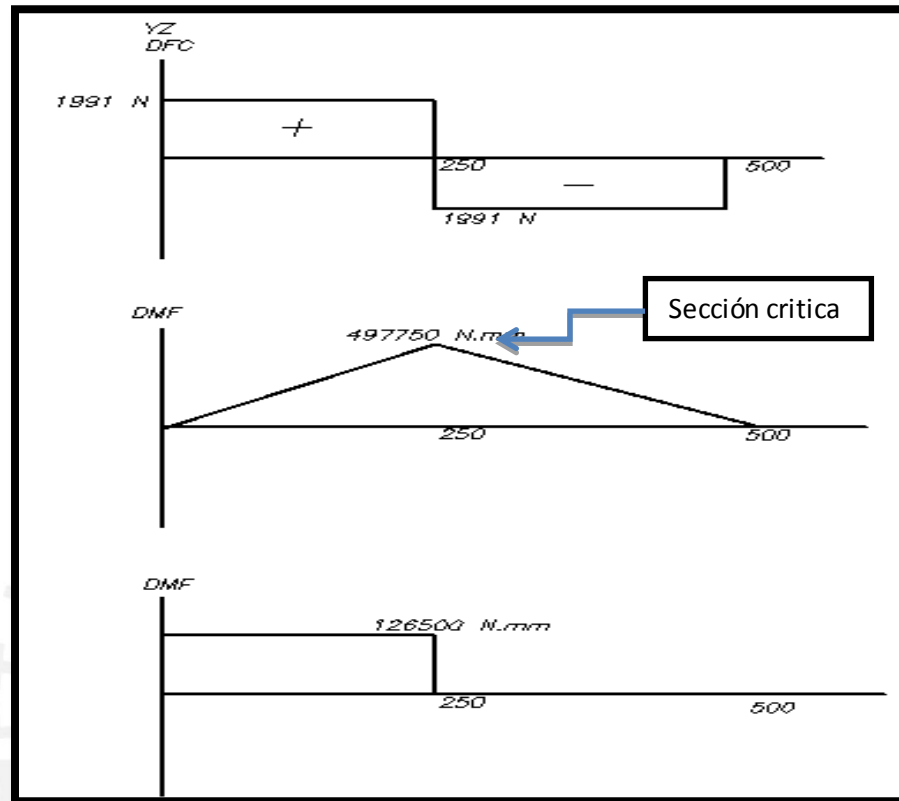


Figura 3.21 Diagrama de fuerzas internas – Eje principal

Analizando la sección crítica:

$$M_{fr} = 497,750 \text{ N.mm}$$

$$M_{tr} = 126,500 \text{ N.mm}$$

$$D_{eje} = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{fa} = (32M_{fr}) / (\pi \times D_{eje}^3) = 187,779 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fm} = 0$$

$$T_m = (16M_{tr}) / (\pi \times D_{eje}^3) = 23,861 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{3} \times T_m = 41,329 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fa} = (\beta / (C_s \times C_t \times C_{temp} \times C_c \times C_{conf})) \times \sigma_{fa}$$

**Nota:** Los factores de corrección para este caso toman los mismos valores que para los otros ejes dado que la fabricación de ellos se realiza da la misma forma.

$\beta = 1$  En este caso  $\beta$  toma el valor de 1, ya que no existe cambio de sección en esta zona

$$\sigma_{fa} = (1 / (C_s \times C_t \times C_{temp} \times C_c \times C_{conf})) \times \sigma_{fa} = 245,656 \text{ N/mm}^2$$

Luego se calcula el factor de seguridad del eje:

$$F.S = (\sigma_B \times \sigma_{alt}) / ((\sigma_{alt} \times \sigma_{eqm}) + (\sigma_{fa} \times \sigma_B)) = 1.306$$

**Se verifica su buen funcionamiento**

### 3.12 Calculo de las uniones por forma

En este acápite se seleccionaron las chavetas correspondientes a cada uno de los ejes. La selección se realizó en base la norma DIN 6885 y cabe hacer mención que cada chaveta es del tipo plana.

#### 3.12.1 Verificación del trabajo de la chaveta en la polea secundaria transmisora de potencia

$$M_t = 130,868 \text{ N.mm}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$p_{adm} = 95 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 7 \cdot 4.1 = 2,9 \text{ mm}$$

$$L_{ef} = (2 \times M_t) / (d \times t \times p_{adm}) = 38,002 \text{ mm}$$

$$L_1 = L_{ef} + 8 = 46,002 \text{ mm}$$

Por la norma DIN 6885, la longitud de la chaveta que se utilizó es de **8 x 7 x 45mm**

A continuación, se muestra en la figura 3.22 la chaveta acoplada al eje secundario.

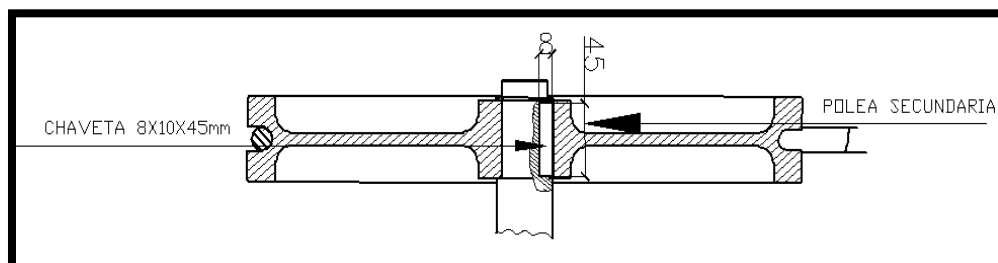


Figura 3.22 Chaveta del eje secundario

Esta misma clase de chaveta se utilizó en la otra polea secundaria.

### 3.12.2 Verificación del trabajo de la chaveta acoplada al eje principal

$$M_t = 63,245 \text{ N.m}$$

$$D = 30 \text{ mm}$$

$$P_{adm} = 95 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 7 - 4.1 = 2,9 \text{ mm}$$

$$L_{ef} = (2 \times M_t) / (d \times t \times p_{adm}) = 15,304 \text{ mm}$$

$$L_1 = L_{ef} + 10 = 25,304 \text{ mm}$$

Por la norma DIN 6885 considerando seguridad de trabajo, la longitud de la chaveta es de **8 x 7 x 32 mm**.

A continuación se muestra en la figura 3.23 la chaveta acoplada al eje principal.

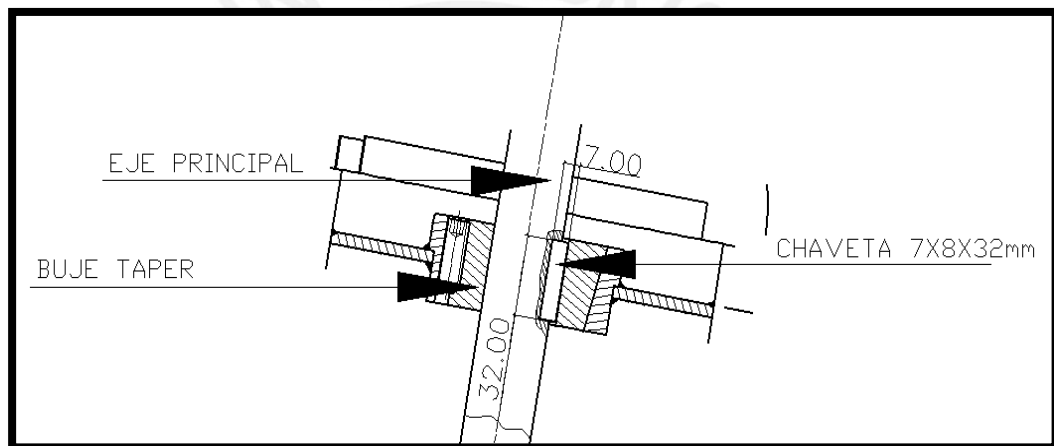


Figura 3.23 Chaveta del eje principal

### 3.13 Cálculo y selección de rodamientos

La selección del rodamiento se realizó considerando las fuerzas actuantes sobre él.

Estos pueden ser del tipo radiales o axiales.

En la figura 3.24 se muestra un esquema general del eje secundario con sus rodamientos acoplados.

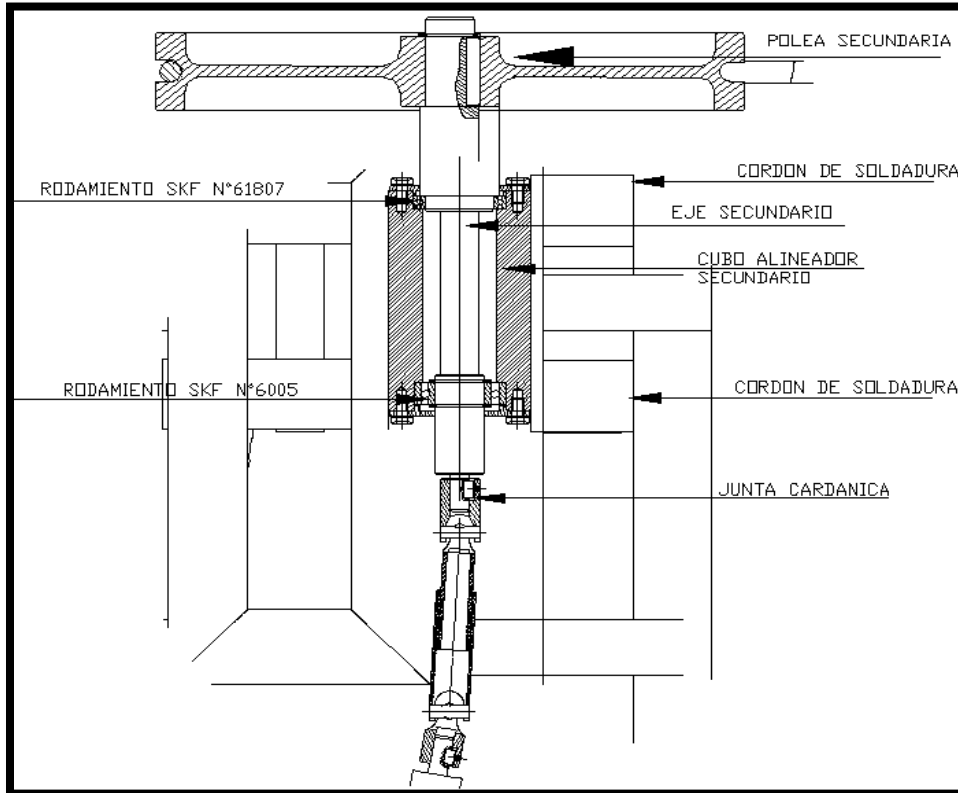


Figura 3.24 Eje secundario

Asimismo, en la figura 3.25 se muestra las cargas sobre el eje secundario.

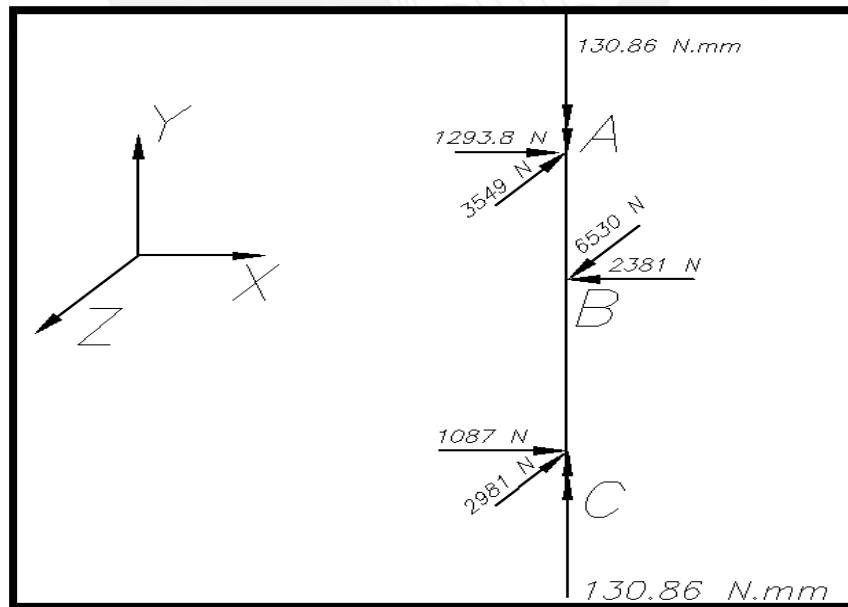


Figura 3.25 D.C.L Eje secundario

Comprobando la carga estática

$$R_{x1} = 2,381 \text{ N}$$

$$R_{z1} = 6,530 \text{ N}$$

$$F_a = 0 \text{ N}$$

$$F_r = \sqrt{R_x1^2 + R_z1^2} = 6,951 \text{ N}$$

$$P_o = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Dado que no existe fuerza axial en el rodamiento, se tiene que:

$$P_o = F_r \times 0,6$$

$S_o = 1$  (El rodamiento no será ruidoso durante su periodo de trabajo)

$$C_o = F_r \times S_o$$

$$C_o = 6,951 \text{ kN (Rodamiento de bolas SKF EXPLORER)}$$

Según dato del catálogo del SKF, se tiene que:

$$C_{oc} = 10,2 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$S_{o1} = C_{oc} / C_o = 1,468$$

Este valor asegura que el rodamiento trabajará de manera confiable durante su periodo de trabajo. Cabe hacer mención que solo se verificó el rodamiento a carga estática debido a que su velocidad de giro es de 35 rpm (baja velocidad). El tipo de rodamiento que se seleccionó es del tipo **SKF EXPLORER con código N° 61807**.

De la misma forma, se seleccionó el rodamiento del eje de la polea auxiliar. El procedimiento es el mismo que el caso anterior; entonces se tiene:

Se muestra en la figura 3.26 el eje auxiliar acoplado a su rodamiento.

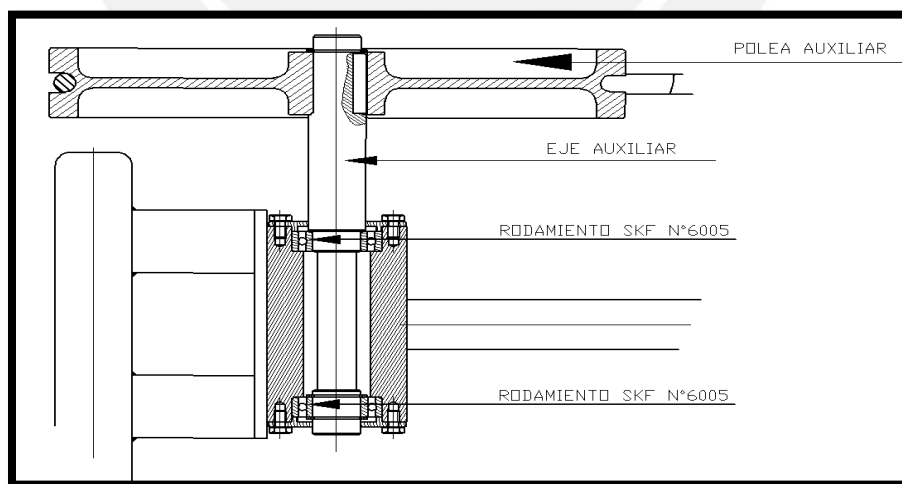


Figura 3.26 Eje auxiliar

#### Comprobando a carga estática

$$R_x = 159,63 \text{ N}$$

$$R_z = 628,94 \text{ N}$$



$$F_a = 0 \text{ N}$$

$$F_r = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = 648,882 \text{ N}$$

$$P_o = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

En este caso se utilizó la ecuación de la forma mostrada, ya que no existe fuerza axial en el rodamiento.

$$P_o = F_r S_o = 1 \text{ (Rodamiento que no hará ruido durante su periodo de trabajo).}$$

$$C_o = F_r \times S_o$$

$$C_o = 648,882 \text{ kN (Rodamiento de bolas SKF EXPLORER)}$$

Según los datos observados en el catálogo SKF, se tiene que:

$$C_{oc} = 6.55 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$S_{o1} = C_{oc} / C_o = 10,094$$

Este valor nos asegura que el rodamiento trabajará en forma confiable durante su periodo de trabajo. El tipo de rodamiento que se seleccionó es del tipo SKF EXPLORER con código N° 6005.

### **3.14 Cálculo de la soldadura**

En este acápite se realizaron los cálculos de las soldaduras en las diferentes partes de la máquina donde se tienen mayores cargas.

#### **3.14.1 Cálculo de la soldadura en los soportes del eje secundario**

A continuación se muestra en la figura 3.27 la vista 3D de la máquina para su mayor entendimiento; asimismo, se muestra en la figura 3.28 la vista frontal del eje secundario con su D.C.L respectivo. Se considera al cubo secundario atornillado con su base como un solo cuerpo para el respectivo análisis de la soldadura. Considerando lo descrito, se tiene que:

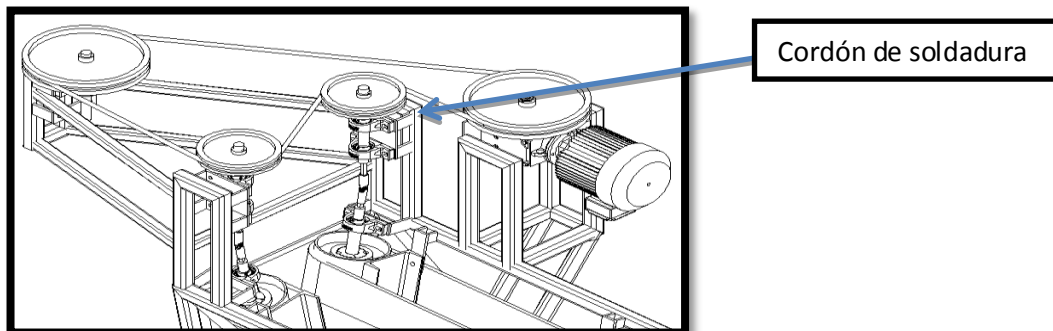


Figura 3.27 Vista 3D de soldadura

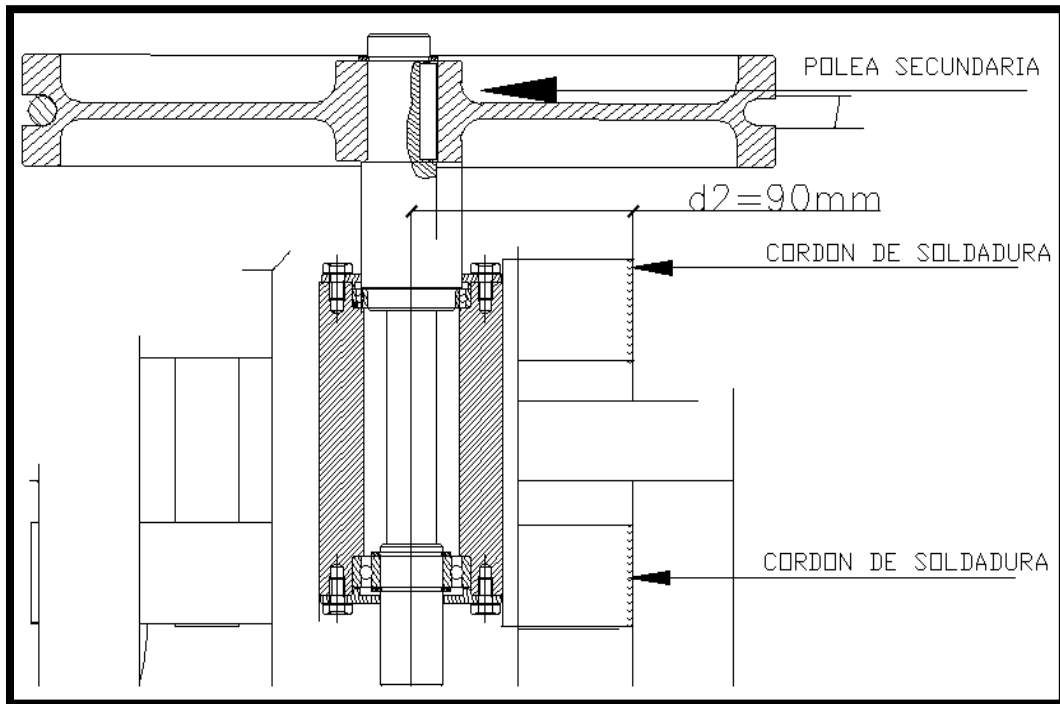


Figura 3.28 Eje secundario – vista frontal

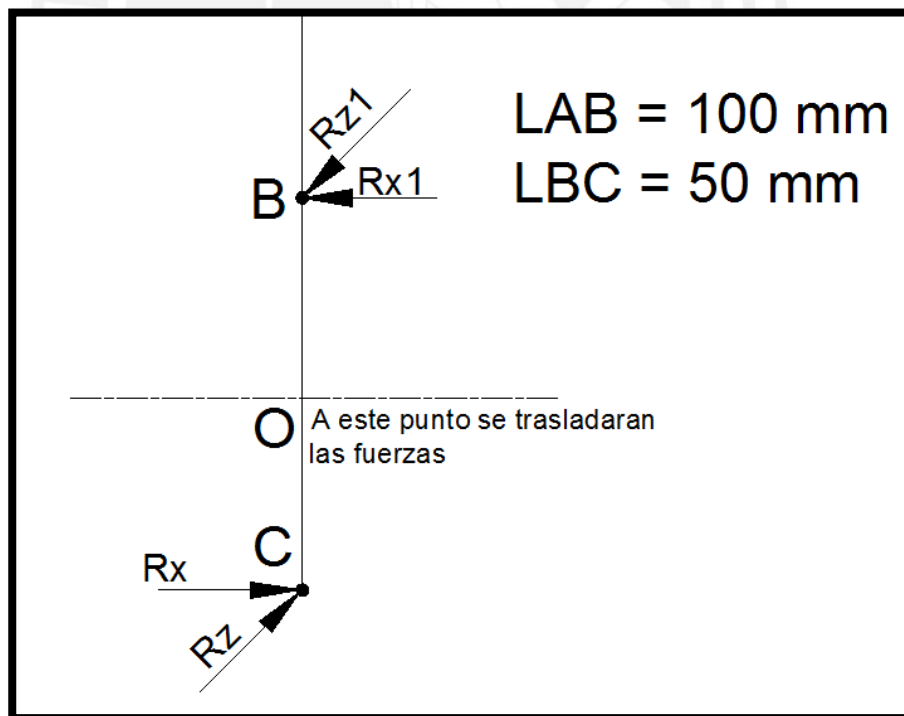


Figura 3.29 D.C.L eje secundario

Conociendo los valores de las fuerzas mostradas en la figura 3.29 se puede hacer el traslado respectivo de las fuerzas hacia el área de soldeo como se muestra en la

figura 3.30. Para que se logre el traslado de las fuerzas se hizo uso de las distancias  $d_2$  que se muestra en la figura 3.28.

Entonces se tiene que:

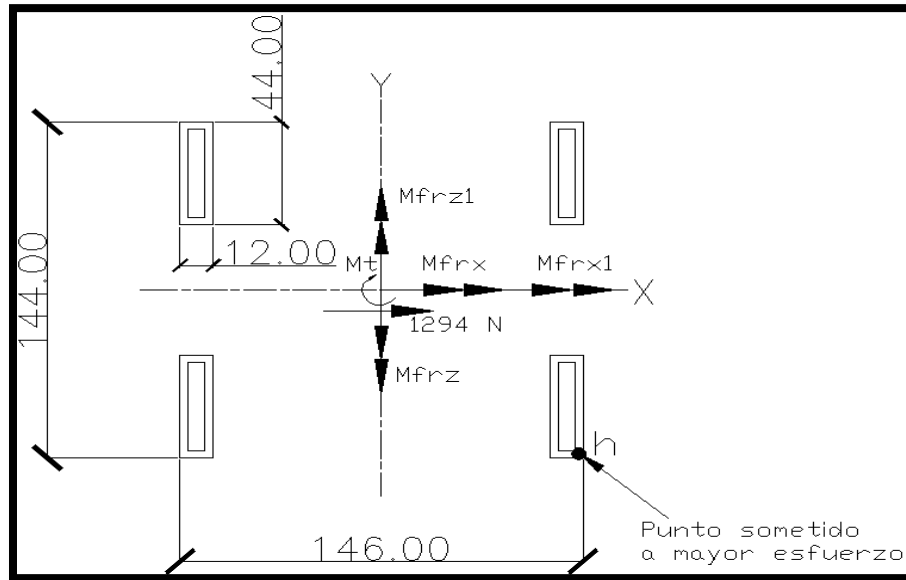


Figura 3.30 Área de soldeo en los soportes

Como se observa el punto sometido a la mayor sollicitación en el punto h. Luego, se calculó los esfuerzos en dicho punto.

$$R_{x1} = 2,381 \text{ N}$$

$$L_{oc} = 50 \text{ mm}$$

$$R_x = 1087 \text{ N}$$

$$M_{frx1} = R_{x1} \times L_{oc}$$

$$M_{frx1} = 1.191 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

$$M_{frx} = R_x \times L_{oc}$$

$$M_{frx} = 5,435 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

Calculando el momento torsor total  $M_t$ , y los momentos flectores generados por las fuerzas  $R_z$  y  $R_{z1}$ , se tiene que:

$$R_{z1} = 6530 \text{ N}$$

$$L_{oc} = 50 \text{ mm}$$

$$d_2 = 90 \text{ mm}$$

$$R_z = 2981 \text{ N}$$

$$M_t = (R_{z1} \times L_{oc}) + (R_z \times L_{oc})$$

$$M_t = 4,756 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

$$M_{frz} = R_{z1} \times d_2 = 5,877 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

$$M_{f_{rz}} = R_z \times d_2 = 2,683 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

De acuerdo al diagrama mostrado en la figura 3.30, se calcula los momentos de inercias respectivos.

En primer lugar, se calculó el momento de inercia respecto al eje x ( $I_x$ ). Para esto, se muestra en la figura 3.31 el área de soldeo donde se trasladarán las fuerzas.

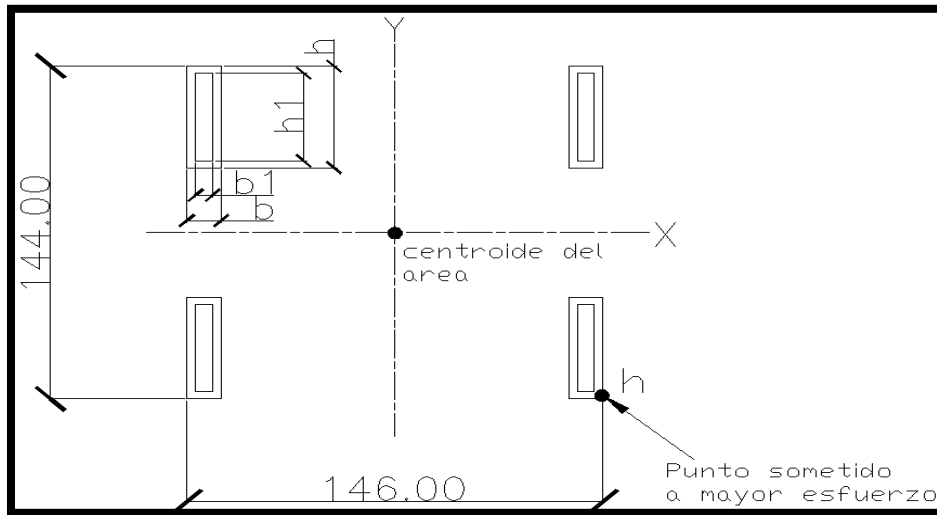


Figura 3.31 Ubicación del centroide

De acuerdo a la figura, se tiene que:

$$b = 12 \text{ mm}$$

$$h = 44 \text{ mm}$$

$$b_1 = 6 \text{ mm}$$

$$h_1 = 38 \text{ mm}$$

$$I_x = (1/12) \times (b \times h^3) - (1/12) \times (b_1 \times h_1^3)$$

$$I_x = 5.775 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Realizando el traslado del centro de inercia al centro del diagrama.

$$A = (b \times h) - (b_1 \times h_1) = 300 \text{ mm}^2$$

$$X = 50 \text{ mm (distancia "y" entre ejes centroidales)}$$

$$I_{x1} = I_x + (A \times X^2)$$

$$I_{x1} = 8.077 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$I_{xt} = I_{x1} \times 4 = 3,231 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$y = 67 \text{ mm (distancia "x" entre ejes centroidales)}$$

Calculando el momento de inercia respecto al eje y ( $I_y$ )

$$I_y = (1/12) \times (h \times b^3) - (1/12) \times (h_1 \times b_1^3) = 5,652 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_{y1} = I_y + (A \times y^2) = 1,352 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{yt} = I_{y1} \times 4 = 5,409 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Calculando el momento de inercia polar

$$I_o = I_{xt} + I_{yt}$$

$$I_o = 8,64 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Calculando los esfuerzos respectivos debido a los momentos generados en el sistema.

$$y_1 = 72 \text{ mm}$$

$$y_2 = 73 \text{ mm}$$

$$\sigma_{f1} = ((M_{f_{rx}} + M_{f_{rx1}}) \times y_1) / I_{xt} = 3,864 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{f2} = ((M_{f_{rz1}} - M_{f_{rz}}) \times y_2) / I_{xt} = 7,217 \text{ N/mm}^2$$

El esfuerzo nominal equivalente está dado por la suma de ambos esfuerzos, tal y como se muestra a continuación.

$$n = \sigma_{f1} + \sigma_{f2} = 11,081 \text{ N/mm}^2$$

### **Calculando el esfuerzo cortante sobre el área de soldeo**

$$F = 1,294 \text{ N}$$

$$A = 4 \times ((44 \times 12) - (b_1 \times h_1)) = 1,2 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\tau_c = F/A$$

$$\tau_c = 1,078 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos debido al momento torsor  $M_t$

$$r = 102.5 \text{ mm}$$

$$\tau_t = (M_t \times r) / I_o = 10,074 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_n = 7.1 - \tau_c = 6,022 \text{ N/mm}^2$$

Luego, se convierte a los esfuerzos nominales según el código del Euro código 3.

$$\sigma_n = (n + \tau_n) / \sqrt{2} = 12,093 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_n = (n - \tau_n) / \sqrt{2} = 3,577 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_a = 7,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3 \times (\tau_n^2 + \tau_a^2)}$$



$$\sigma_{eq} = 18,327 \text{ N/mm}^2$$

Para el buen trabajo de la soldadura se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_B / (\beta_v \times \gamma_w)$$

$$\sigma_n \leq \sigma_B / \gamma_w$$

Considerando como material de aporte al acero S235.

$$\sigma_B = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_v = 0,8$$

$$\gamma_w = 1,25$$

$$\sigma_B / (\beta_v \times \gamma_w) = 360 \text{ N/mm}^2 \geq \sigma_{eq}$$

Según los resultados obtenidos, la soldadura trabajará adecuadamente.

### 3.14.2 Calculo de la soldadura en los soportes del eje principal

A continuación se muestra en la figura 3.32 la sección de la soldadura con la respectiva sollicitación a la cual se encuentra sometida.

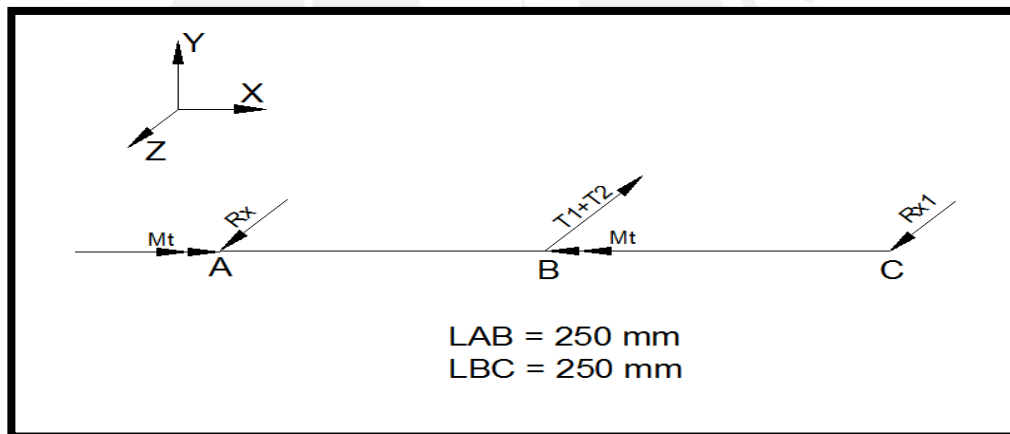


Figura 3.32 D.C.L Eje principal

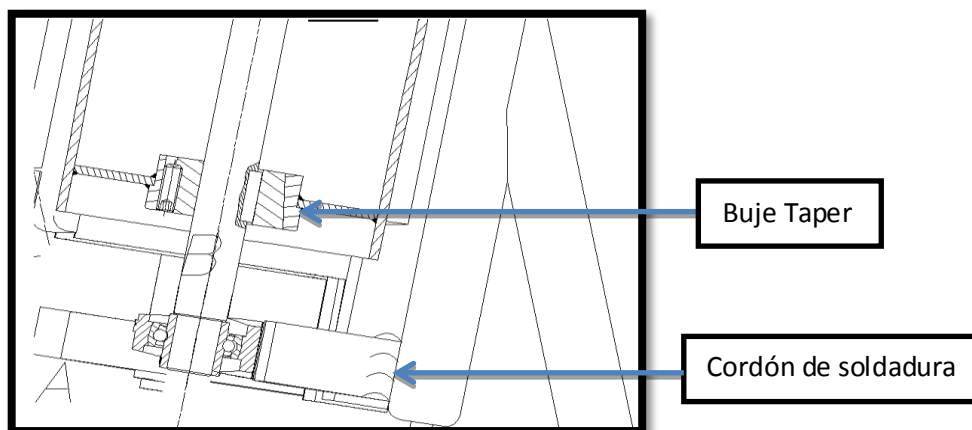


Figura 3.33 Muestra de soldadura en un extremo de eje

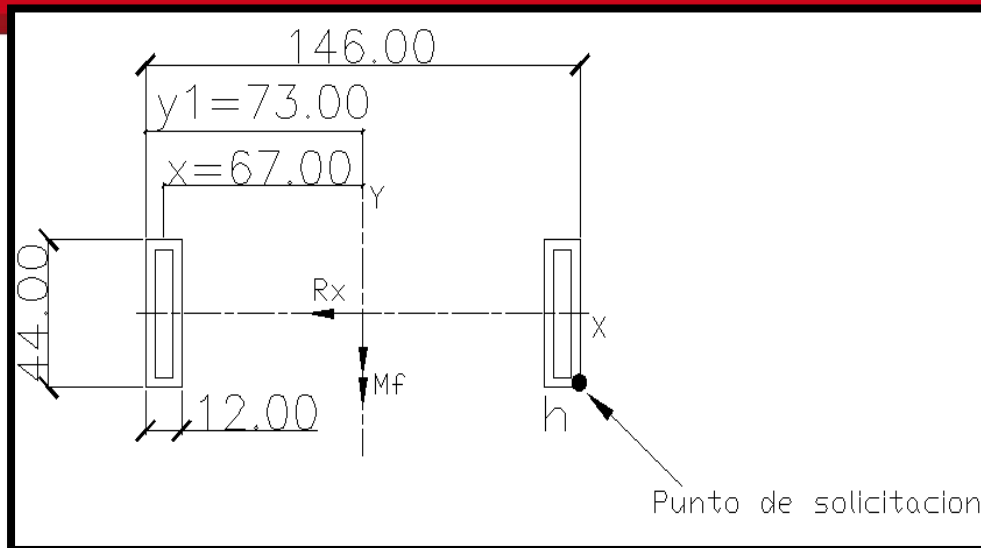


Figura 3.34 Área de sección soldada

$$R_x = 1,991 \text{ N}$$

$d = 115 \text{ mm}$  (distancia de punto de aplicación de fuerza al área de soldeo)

$$M_f = R_x \times d = 8,207 \times 10^4 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Calculando el momento de inercia respecto al eje  $y$

$$b = 44 \text{ mm}$$

$$h = 12 \text{ mm}$$

$$A = (b \times h) - (b_1 \times h_1) = 300 \text{ mm}^2 \text{ (Área de soldeo)}$$

$x = 67 \text{ mm}$  (distancia entre eje centroidal "y" – figura 3.34

$$y_1 = 73 \text{ mm}$$

$$I_y = (1/12) \times b \times h^3 + (A \times X^2) = 1.353 \times 10^6$$

$$I_{yt} = 2 \times I_y = 2,706 \times 10^6$$

Calculando el esfuerzo flector según el diagrama anterior.

$$\sigma_f = (M_f \times y_1) / I_{yt} = 6,177 \text{ N/mm}^2$$

El esfuerzo nominal equivalente está dado por:

$$n = \sigma_f$$

Calculando el esfuerzo cortante según la figura anterior.

$$R_x = 1991 \text{ N}$$

$$A = 600 \text{ mm}^2$$

$$\tau_c = R_x / A = 1,189 \text{ N/mm}^2$$

$$t_n = \tau_c$$

Convirtiendo a los esfuerzos nominales según el Euro código 3.

$$\sigma_n = (n + t_n) / 2 = 2,718 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_n = (n - t_n) / 2 = 1,528 \text{ N/mm}^2$$

Considerando como material de aporte el acero S235

$$\sigma_B = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_v = 0,8$$

$$\gamma_w = 1,25$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3(\tau_n^2)} = 5,354 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3(\tau_n^2)} = \sigma_B / \beta_v \times \gamma_w = 360 \text{ N/mm}^2$$

Se tiene una sollicitación pequeña en la soldadura respecto del valor admisible por lo que trabajará correctamente.

### 3.15 Estructura metálica

En este acápite se verificó la sollicitación de la estructura al pandeo según sus soportes que resisten el peso de la máquina. Para la verificación se consideró el método omega. Cabe hacer mención que se verificó que los soportes de la estructura no fallan al pandeo debido a que se encuentra a una sollicitación de carga pequeña, tal y como se muestra en la figura 3.35.

A continuación se muestra las cargas en promedio sobre cada soporte de la estructura para su respectiva verificación al pandeo.

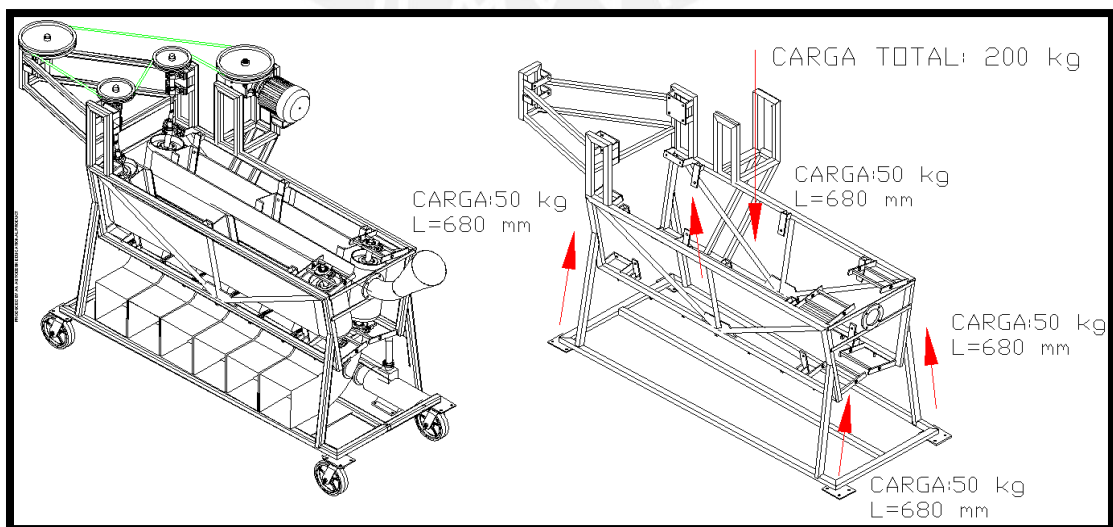


Figura 3.35 Estructura metálica

Debido a que la longitud de cada soporte es pequeño, se verificó que el pandeo es del tipo inelástico, tal y como se muestra a continuación:

$E = 199627907 \text{ kN/mm}^2$	Módulo de elasticidad
$\sigma_{yac} = 247813,9 \text{ kN/m}^2$	Esfuerzo de fluencia
$K = 0,5$	Factor de longitud efectiva
$L_s = 680 \text{ mm}$	Longitud de soporte
$I = 8,73 \times 10^{-8} \text{ m}^4$	Momento de inercia de tubo cuadrado (40 x 40 x 6mm)
$A_s = 5,76 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	Área de la sección transversal

Luego, se aplica la ecuación de Euler.

$$P_{cr} = (\pi^2 \times E \times I) / (K \times 10^{-3} \times L_s)^2 = 1,488 \times 10^3 \text{ kN (Carga crítica)}$$

$$\sigma_{cr} = P_{cr} / A_s = 2,583 \times 10^6 > \sigma_{yac}$$

Como se observa, el esfuerzo crítico es mayor al esfuerzo de fluencia, por lo que se presenta el caso de pandeo inelástico; como se mencionó al inicio, esto es debido a la longitud pequeña de cada soporte.

Luego, por el método omega se sabe que:

$$F_s = 50 \times 9,81 = 490,5 \text{ N (Carga promedio sobre cada soporte)}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_s}} = 0,012 \text{ m (Radio de giro)}$$

$$\lambda = (L_s \times 10^{-3}) / i = 55,24 \text{ (Grado de esbeltez)}$$

Luego, el valor de omega se obtiene según la tabla que se muestra en los anexos respectivos.

$$\omega = 1,28 \text{ kgf / mm}^2$$

$$\sigma = (F_s) / (A_s \times 9,8 \times 10^6)$$

De la ecuación del método omega, para que la estructura no pandee, se debe cumplir la siguiente condición:

$$\omega \times \sigma \leq 21 \text{ kgf/mm}^2$$

$\omega \times \sigma = 0,111$ , Este valor indica que la estructura no pandeará.

### 3.16 Verificación de tornillería

En este acápite se verificó los tornillos de la máquina, los cuales están sometidos básicamente a esfuerzo por corte por lo que se verificó a qué cantidad de carga está sometida.

Los tornillos que están a mayor sollicitación son los tornillos inferiores de la máquina que tienen que soportar el peso total de la máquina seleccionadora.

A continuación, se muestra en la figura 3.36 un esquema con las cargas sobre cada soporte.

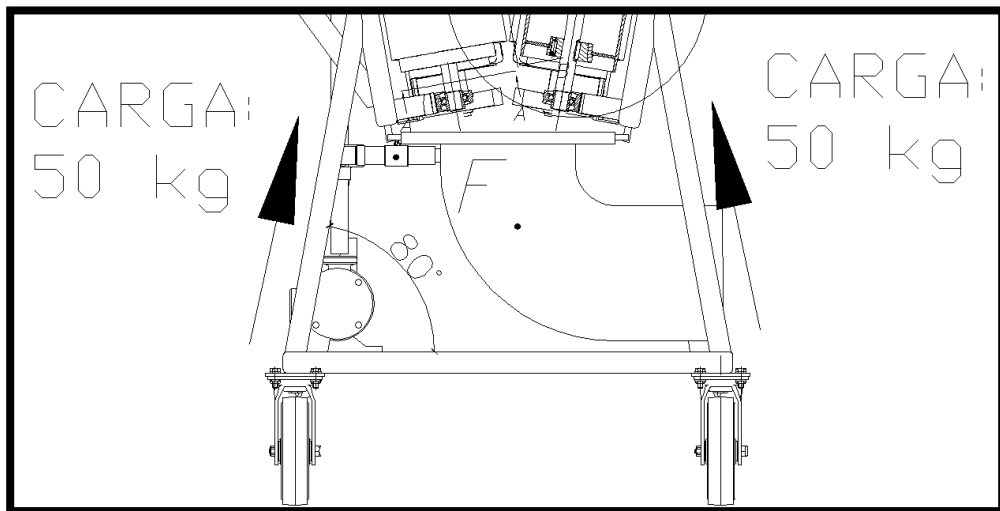


Figura 3.36 Carga sobre soportes

Con las fuerzas distribuidas sobre cada soporte se calculó la reacción sobre cada placa atornillada ubicada por debajo del soporte. Se muestra en la figura 3.37 las reacciones.

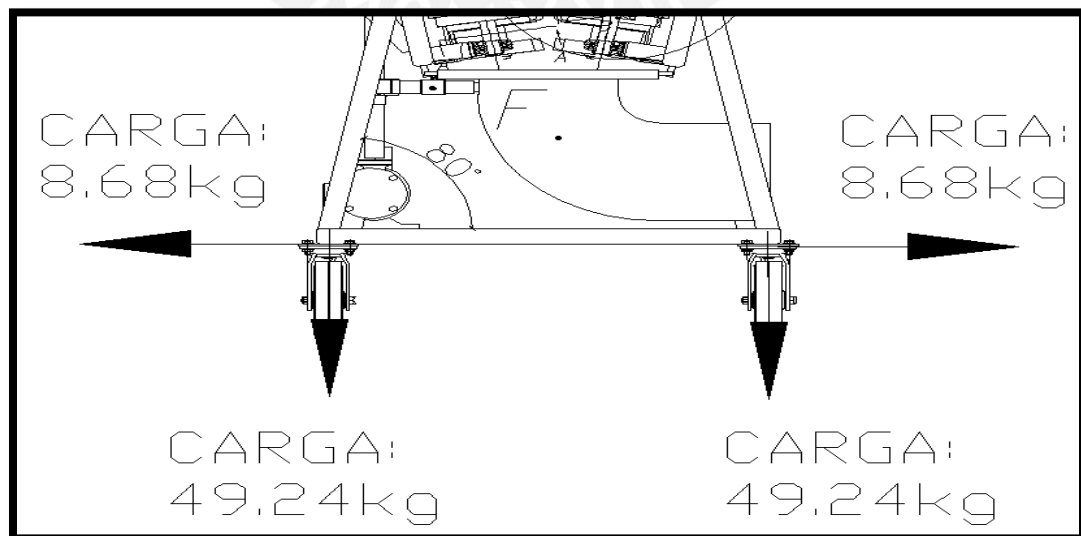


Figura 3.37 Reacciones sobre los soportes

Como se observa, los tornillos inferiores están sometidos a una fuerza de corte y una presión de aplastamiento.

Las fuerzas de reacción se reparten sobre los 4 tornillos ubicados por debajo de cada soporte estructural, tal y como se muestra en la figura 3.38.

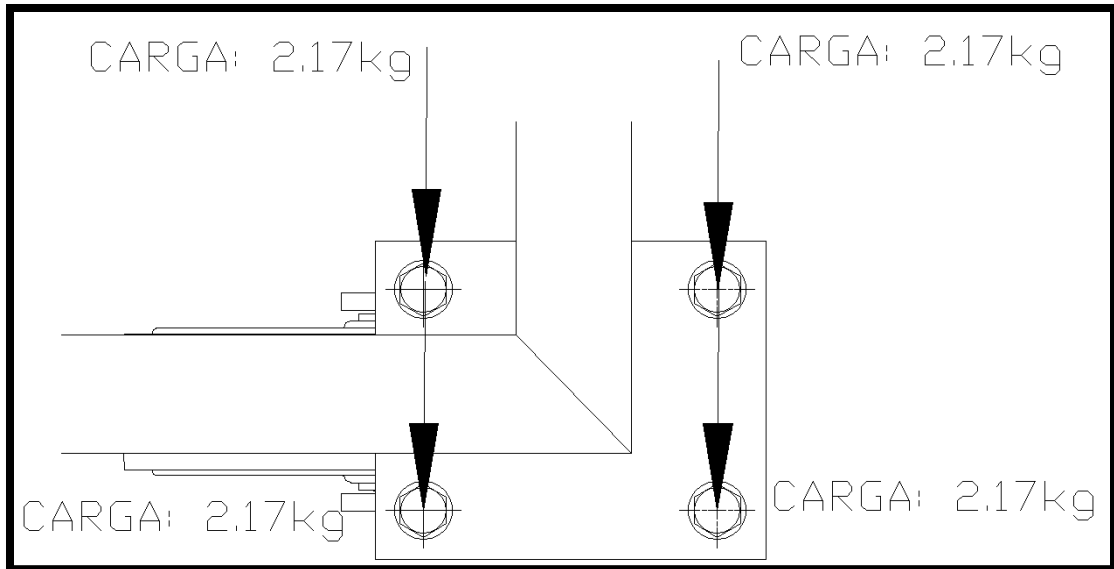


Figura 3.38 Cargas de corte distribuidas

Como se observa, la sollicitación de carga por cada tornillo es mínima (2kg) por lo que se deduce que no fallará durante su funcionamiento.

### 3.17 Selección de electrobomba

En este acápite se seleccionó la electrobomba según los requerimientos de la máquina, los cuales se muestran a continuación:

Debido a que el agua suministrada desde la electrobomba no se elevará una altura considerable se seleccionó una electrobomba con características estándares mínimas de uso.

La altura manométrica desde la cual se impulsa el agua es 0.5 m (Longitud de altura mínima)

Se utilizó la marca Pedrollo y la electrobomba tiene los siguientes parámetros:

Caudal: 40 l/min

Potencia: 0,5 hp

Los datos mencionados líneas arriba fueron obtenidos de las siguientes tablas suministradas por la marca Pedrollo.

En los respectivos anexos posteriores se muestra las tablas de selección de la electrobomba respectiva.



## CAPITULO 4

### COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se estimó el costo de la máquina con la finalidad de comparar el costo final con el costo de otras máquinas ya existentes en el mercado mundial.

El Costo total estará conformado por el costo de diseño, materiales (costo de materiales, accesorios y equipos eléctricos-mecánicos), el costo de mano de obra, el costo de procesos y los gastos generales.

#### Costos de materiales

<b>Costo de materiales</b>					
Ítem	Descripción	Cant.	C.U(S/.)	C.T(S/.)	Proveedor
1	Tubo cuadrado 40 x 40 x 3mm	4	60	240	COMASA
2	Tubo cuadrado 30 x 30 x 3mm	1	36	36	COMASA
3	Tubo circular $\Phi$ 25,4 OD3,38	1	40	40	COMASA
4	Eje $\Phi$ 30mm x 260mm	1	7,66	7,66	ACEROS BOHLER
5	Eje $\Phi$ 30mm x 270mm	2	16,02	32,04	ACEROS BOHLER
6	Eje $\Phi$ 30mm x 610mm	4	71,08	284,32	ACEROS BOHLER
7	Buje taper N° 2012 $\Phi$ 25mm	4	120	480	MARTIN'S
8	Plancha de Teflón 1/8" x 300 x 3800mm	1	1100	1100	CORPORACION EMACIN
9	Cubo ALINEADOR de acero	3	55	165	ACEROS BOHLER
10	Tubería $\Phi$ 6" INOX Sch.40 x 1500mm	1	120	120	TUBISA
11	Canal C 6 x 8" x 380mm	6	35	210	POLIMETALES
12	Faja sanitaria 300 x 1250 x 12,5mm	1	120	120	EXTREMULTUS
13	Codo 90° $\Phi$ 1" Roscado	4	14	96	FIGIELLA SRL
14	Tee $\Phi$ 25mm	10	5	50	FIGIELLA SRL
15	Tapas de sujeción (plancha de acero)	2	25	50	ACEROS BOHLER
16	Plancha de chapa 1mm A304 1500 x 6000mm	1	430	430	POLIMETALES
17	Tornillo hexagonal M6 x 16mm con tuerca y arandela	4	0,1	0,4	MODEPSA
18	Tornillo hexagonal M8 x 30mm con tuerca y arandela	1	0,15	0,15	MODEPSA
19	Tornillo hexagonal M10 x 100mm con tuerca y arandela	4	0,2	0,8	MODEPSA
20	Avellanado M10 x 12mm	8	0,15	1,2	MODEPSA
21	Socket M3 x 3mm	4	0,1	0,4	MODEPSA
22	Socket hexagonal M10 x 30mm	8	0,2	1,6	MODEPSA
Total (S/.)				3,400.00	

<b>Costo de accesorios</b>				
Ítem	Descripción	Cant	C.U(S/.)	C.T(S/.)
1	Mancord (correa) $\Phi 12$ x 3600mm	1	57,6	57,6
2	Juego de junta cardanica $\Phi 15$ mm	2	187	374
3	Rodamiento rígido de bolas N° 6005 $\Phi 25$ mm	8	50	400
4	Rodamiento rígido de bolas N° 61807 $\Phi 35$ mm	2	55	110
5	Chaveta 7 x 8 x 36mm	1	18	18
6	Chaveta 7 x 8 x 25mm	2	15	30
7	Chaveta 5 x 5 x 12mm	2	8	16
8	Templador $\Phi 25$ mm	8	16	128
9	Garrucha $\Phi 4$ " (rueditas)	4	25	100
10	Anillo de sujeción $\Phi 25$ mm	6	12	72
11	Válvula reguladora $\Phi 1$ "	6	60	360
			Total (S/.)	1655,6

<b>Costo de Equipos eléctricos - mecánicos</b>					
Item	Descripción	Cant.	C.U(S/.)	C.T(S/.)	Proveedor
1	Motorreductor SEW 1,1kW S77 DT 90L4	1	5660,41	5660,41	SEW
2	Bomba centrifuga MARCA PEDROLLO 40lts/min	1	480	480	HIDRAULICA MOLINA
			Total (S/.)	6140,41	

<b>Costo total de materiales (S/.)</b>	<b>11,196.42</b>
--	------------------

### Costo de diseño

Los costos de diseño para el proyecto se estiman en **3,400 soles** considerando una etapa anual con 10 meses de trabajo con un régimen de 6 horas por día.

### Costo de operación

Los costos de operación incluyen los costos de la mano de obra directa, los gastos de los equipos y los gastos generales.

<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>				
<b>Pieza</b>	<b>Proceso</b>	<b>Costo(soles/hora)</b>	<b>Tiempo(hora)</b>	<b>Costo total(S/.)</b>
Canal	Taladrado	15	0,5	7,5
Cubo alineador	Torneado	20	1,5	30
	Taladrado	15	1,5	22,5
Tambor	Torneado	20	1	20
	Taladrado	15	0,5	7,5
Polea principal	Refrentado	20	1	20
	Cilindrado	20	1	20
	Fresado	35	1	35
Recipiente receptor	doblez	10	3	30
	soldadura	15	1	15
Brida de recipiente	Taladrado	15	0,5	7,5
	Oxicorte	20	0,5	10
Recipiente seleccionador	doblez	10	2,5	25
	soldadura	15	1	15
Tapa principal	Torneado	20	1,5	30
	Taladrado	15	0,5	7,5
Tapa de sujeción	Torneado	20	1,5	30
	Taladrado	15	0,5	7,5
Tapa sujeción secundaria	Torneado	20	1,5	30
	Taladrado	15	0,5	7,5
Eje principal	Torneado	20	3,5	70
	Fresado	35	1,5	52,5
Eje secundario	Torneado	20	3,5	70
	Fresado	35	0,5	17,5
Eje auxiliar	Torneado	20	3	60
	Fresado	35	0,5	17,5
Polea secundaria	Refrentado	20	1	20
	Cilindrado	20	1	20
	Fresado	35	1	35
Polea auxiliar	Refrentado	20	1	20
	Cilindrado	20	1	20
	Fresado	35	1	35
			<b>Total (S/.)</b>	<b>815.00</b>

Entonces el costo total de la maquina es:

Costo total de materiales + Costo de operación + Costo diseño = Costo total

<b>COSTO TOTAL (S/.)</b>
15,411.42

Para fijar el precio de la maquina en el mercado se le considerará un 25% de ganancia sobre el precio de costo, por lo que se tiene:

<b>PRECIO DE LA MAQUINA (S/.)</b>
19,264.27



## CAPITULO 5

### LISTA DE PLANOS

1	D1-01	MAQUINA SELECCIONADORA DE TRUCHAS
2	D1-02	CANAL SOSTENEDOR
3	D1-03	CUBO ALINEADOR AUXILIAR
4	D1-04	EJE AUXILIAR
5	D1-05	EJE PRINCIPAL
6	D1-06	EJE SECUNDARIO
7	D1-07	ESTRUCTURA METALICA
8	D1-08	POLEA AUXILIAR
9	D1-09	POLEA PRINCIPAL
10	D1-10	POLEA SECUNDARIA
11	D1-11	RECIPIENTE RECIBIDOR
12	D1-12	RECIPIENTE SELECCIONADOR
13	D1-13	TAMBOR
14	D1-14	TAPA DE SUJECIÓN
15	D1-15	TAPA DE SUJECION
16	D1-16	TAPA PRINCIPAL
17	D1-17	GUARDA DEL SISTEMA DE POLEA
18	D1-18	PLANO DE TUBERIA DE AGUA
19	D1-19	PLANO ELECTRICO DE LA MAQUINA
20	D1-020	CUBO ALINEADOR SECUNDARIO

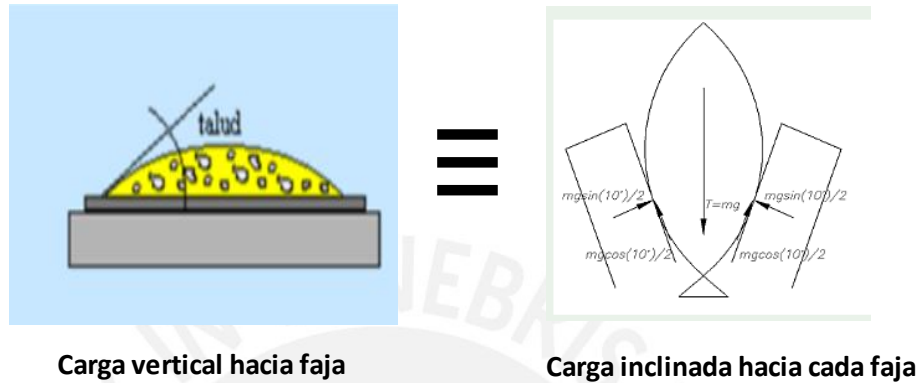
## Consideraciones sobre el plano de ensamble

- La velocidad del pez a la entrada del sistema seleccionador es mínima debido a que cae desde de la bandeja de alimentación casi en forma vertical.
- La velocidad del pez en la faja no es considerablemente alta, sin embargo si se genera un movimiento parabólico pequeño (casi vertical) en la parte final del recorrido debido a la inercia.
- Como se explicó en el acápite 3.2 la máxima abertura de selección es aproximadamente 30 mm para el tercer rango de selección. La inercia generada por la velocidad del pez no es considerablemente alta, sin embargo, en el presente diseño se consideró adicionar 10 cm de banda transportadora en la parte final del tercer rango para evitar cualquier salida del pez fuera de la máquina. Esto se observa en el plano general de ensamble.
- El flujo de los peces es continuo en el sistema. Los peces que caen a los recipientes recibidores son direccionados hacia una bandeja según sea su rango de tamaño para que luego puedan ser direccionados hacia los depósitos de destino. La forma de direccionarlos puede ser manualmente o a través de una tubería. Con esto evitamos cualquier posible acumulamiento de peces en los recipientes recibidores.
- Las dimensiones de la máquina seleccionadora de truchas obedecen al estudio realizado de los peces trucha.
- Las chumaceras de apoyo y de tensión no tendrán contacto con el agua debido a que se encuentran a una distancia considerable. Por otro lado el flujo de agua se direcciona a través de las tuberías.
- Tal y como se explicó al inicio del capítulo 2 el lugar donde operará la maquina será en los criaderos de truchas donde se encuentran los depósitos clasificatorios.



## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el método de cálculo de la capacidad de la faja se tiene en consideración la siguiente analogía de cálculo:



La figura anterior muestra que se considera la carga inclinada de forma similar a carga vertical con la finalidad de calcular la capacidad de la faja. Como se vio en el ítem 3.2 del capítulo 3.

- No se considera la verificación de carga a la tornillería dado que las cargas de la máquina no son considerables tal como se muestra en el ítem 3.15 del capítulo 3.
- La máquina seleccionadora de truchas está diseñada para operar en un rango de tamaño de 6 a 30cm de longitud de pez.
- Se usará el agua como medio de traslado de los peces a través del mecanismo de selección con la finalidad que no se estresen por falta de agua.
- Las longitudes de los peces son proporcionales a su peso por lo que se puede inferir que su selección también puede considerarse por peso.
- El mantenimiento de la máquina deberá ser periódico con una frecuencia de revisión de 2 meses con la finalidad de verificar su funcionamiento.
- La máquina está diseñada para que sea transportable en cualquier lugar por lo que se recomienda tener cuidado cuando su trayectoria sea por lugares con irregularidades.
- Dado que el acero utilizado es inoxidable al finalizar la utilización de la máquina deberá limpiarse con un trapo para conservar su duración.

## CONCLUSIONES

1. El presente diseño de la máquina seleccionadora de truchas permite optimizar en gran manera la crianza de las truchas con la finalidad de que no sufran daños y puedan crecer en la mejor forma posible; y en consecuencia se comercialice una mayor cantidad de peces.
2. El diseño del mecanismo de selección a través de la utilización de un solo motorreductor, un sistema de poleas y dos bandas transportadoras permite aumentar la capacidad de selección de peces, la rapidez de selección y la eficiencia de selección, cumpliendo de esta forma las necesidades del presente proyecto.
3. El diseño propuesto se estimó un costo promedio de S/.19,264.27, el cual es asequible para los usuarios de nuestro medio.
4. Se logró diseñar la máquina con materiales comerciales de nuestro medio con la finalidad de evitar posibles dificultades en la obtención de las mismas.
5. Se cumplió con las exigencias descritas en el capítulo 2, cumpliendo de esta forma el procedimiento de la VDI 2221.

## BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez Hernández, Jorge  
2009 Resistencia de materiales 2. Primera Edición.  
Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Matute, Genaro; Barrón, Ennio; Morán, Arturo; Murillo, José; Rivera, Juan Carlos  
2008 Truchicultura en la región de Puno. Serie Gerencia Global 4 Lima: Universidad ESAN, Fondo Editorial Cordillera SAC.
- Salazar Olivares, Raúl  
1989 Perspectivas a largo plazo de la acuicultura en el Perú. Documento de trabajo N°4. Lima: Grupo de Análisis para el desarrollo, GRADE
- Chávez Ccalla, Hermógenes, Díaz Berrios, Abel, Espinoza Soto, Felicidad Gonzales Ríos, Delma, Llerena Manrique, Hernán, Villalobos Dador, Raúl Santana Baldeón, Cesar, Serna Román, Arnulfo.  
1987 Criadero Comunal de Truchas de Umuchi. Proyecto De prefactibilidad. Puno. Universidad Nacional del Altiplano.
- LINK-BELT COMPANY  
1965 Link-Belt products and components for materials handling and power transmission: catalog1050. Primera Edición.
- CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURES ASSOCIATION ENGINEERING CONFERENCE  
1997 Belt conveyors for bulk materials.
- MARTIN SPROCKET Y GEAR  
1995 Catálogo 1090
- SKF  
2008 Catálogo general
- Pontificia Universidad Católica del Perú  
2012 Dibujo mecánico 1. Primera edición.
- Budynas, Richard y Nisbett  
2008 Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.

- Manual de cultivo de truchas  
2009 [http://www.cedepperu.org/img\\_upload/c55e8774db1993203b76a6afddc995d/C/manual\\_truchas\\_antamina.pdf](http://www.cedepperu.org/img_upload/c55e8774db1993203b76a6afddc995d/C/manual_truchas_antamina.pdf)
- FAIVRE  
2010 Seleccionadoras de Truchas (Fish Sorting)  
<http://www.faire.fr/fish-grader/fish-graderhelios40.html>
- Manual de cultivo en jaulas flotantes  
2006 <http://www.fondepes.gob.pe/src/acuicultura/SDATTT/ManualTRUCHAARCOIRISPALLASCA.pdf>
- VAKI COMPA  
2006 <http://www.vaki.is/media/files/manual%20grader%20esp%20marzo%2006.pdf>
- HUELKER  
2008 <http://seleccionsalmon.blogcindario.com/2007/03/00001-antecedentes-anteproyecto.html>
- MILANESA GRADER  
2009 <http://www.milaneseitalia.com/en/102n.htm>
- MARINE TECHNOLOGY  
2008 [http://www.nmt.us/test/products/afs/sct\\_manual.pdf](http://www.nmt.us/test/products/afs/sct_manual.pdf)
- FAIVRE  
2009 Live fish grader Helios 50 [www.faire.fr](http://www.faire.fr)