

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**Diseño de un sistema mecatrónico para
seleccionar paltas por calibre**

Tesis para optar al grado de Magister en Ingeniería Mecatrónica

Autor:

Julio Ernesto Javier Cortez

Asesor:

Dipl. Ing. BENJAMIN BARRIGA GAMARRA

Octubre 2015

Lima – Perú



TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERÍA MECÁTRÓNICA

TITULO : DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA SELECCIONAR PALTAS

AREA : Diseño

PROPUESTO POR : Dipl. Ing. Eliseo Benjamín Barriga Gamarra

ASESOR : Dipl. Ing. Eliseo Benjamín Barriga Gamarra

TESISTA : Julio Ernesto Javier Cortez

CODIGO : 20060241

FECHA : 19 de junio de 2012

DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS:

En los últimos años se ha incrementado la exportación de paltas a nivel global siendo el principal mercado la Unión Europea. Según registros de la SUNAT en el año 2013 se exportó 119 mil toneladas. Para el año 2014 se logró exportar 179 mil toneladas, lo que representó 164 millones dólares. Según las proyecciones realizadas por la Asociación de Exportadores, al finalizar el año 2015 se espera superar las 250 mil toneladas en exportación de paltas en sus diferentes variedades.

Estas cifras posicionarían y consolidarían al Perú como el mayor segundo productor y exportador mundial de paltas después de México. Actualmente el proceso de selección de paltas se realiza de forma manual. Es por este motivo que se necesita industrializar el proceso de selección de paltas para poder alcanzar niveles competitivos a la demanda internacional. Sin embargo, se sabe que hay un mercado insatisfecho para poder industrializar estos procesos, y este por este motivo que se ha creado la necesidad de brindar una solución adecuada y a medida de los requerimientos de los productores de palta.

El objetivo de la presente tesis es el diseño de una máquina automatizada, capaz de seleccionar 5000 kilogramos por hora de paltas del tipo HASS y Fuerte, las cuales serán seleccionadas según calibre.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGÍSTER
EN INGENIERÍA MECÁTRONICA

DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA SELECCIONAR PALTAS

RESUMEN

1. INTRODUCCION
2. ESTADO DEL ARTE
3. DISEÑO
4. PLANOS Y COSTOS
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Dipl. Ing. Eliseo Benjamín Barriga Gamarra

Asesor

*(A mis padres, mis hermanas y
princesa. Quienes han sido mi
principal fuente de fortaleza e
inspiración.)*

Agradecimientos

Al profesor Dipl. Ing. Benjamín Barriga Gamarra, quién ha compartido su gran conocimiento y experiencia conmigo, en estos años. Siendo una fuente de conocimiento inacabable para todos sus estudiantes.

Resumen

A partir del año 2010, el Perú se encuentra en un auge de su producción agrícola y se viene colocando como uno de los principales exportadores de productos agrícolas hacia regiones como Asia, Europa y Estados Unidos de Norteamérica. Dentro de la gran variedad de productos que se viene exportando, se identificó a la palta en sus diferentes variedades como un producto que ha venido incrementando su volumen de exportación, alcanzando 179 mil millones de kilogramos, por un valor total de 303 mil millones de dólares en el 2014 [4]. Por lo que se le reconoce como un producto importante en el desarrollo del mercado agroexportador.

Es sabido que el sector agroindustrial en el Perú está pasando por una etapa de crecimiento, lo que genera una mayor producción en cultivos. Este crecimiento arrastra consigo la necesidad de desarrollar la tecnología necesaria para poder alcanzar los niveles de procesamiento requeridos, en este caso de selección de paltas. Actualmente un proceso que involucra muchas de horas-hombre de trabajo, es el proceso de selección. Este proceso demanda una gran cantidad de horas debido a la falta de tecnología, ya que se viene realizando de manera manual por una gran cantidad de operarios, los cuales seleccionan las paltas de una forma cualitativa y subjetiva; por parámetros como forma, dureza superficial y color. Sin embargo, la selección no se realiza de manera cuantitativa por peso.

Es por este motivo que se identificó la necesidad de mejorar el proceso de selección de las paltas según el calibre al que corresponda cada una, específicamente las del tipo "HASS" y "Fuerte". De este modo lo que se propone es diseñar una máquina automatizada con la finalidad de disminuir considerablemente el error debido a la manipulación humana en el proceso de selección y aumentar significativamente el volumen de procesamiento, comparado con el procesamiento manual. Esta tesis está orientada al diseño en la ingeniería mecatrónica, específicamente enfocada en la automatización de procesos de selección de productos agrícolas.

En esta tesis se expone el diseño de la máquina automatizada para la selección de paltas por calibre, el cual ha sido desarrollado en base a las consideraciones descritas en la Norma técnica peruana NTP 011.018 2014. La capacidad de procesamiento cumple con el objetivo de seleccionar 5000 kilogramos de paltas por hora. Adicionalmente la selección por visión artificial brinda la capacidad de automatizar todo el proceso el de selección sin intervención manual alguna, lo que significa una gran ventaja en la producción.

Contenido

| | |
|--|----|
| Lista de símbolos | ix |
| CAPITULO 1..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Contribución científica | 2 |
| CAPITULO 2..... | 3 |
| 2.1 La palta: Variedades y características | 3 |
| 2.2 Propiedades nutricionales de la palta | 5 |
| 2.3 El mercado global de la palta: Producción y Exportación..... | 6 |
| 2.4 Estado de la tecnología: Selección de paltas | 9 |
| 2.5 Selección por peso: Balanzas dinámicas | 12 |
| 2.6 Selección por observación: Visión artificial | 12 |
| 2.7 Equipos comerciales de selección de paltas..... | 13 |
| CAPITULO 3..... | 18 |
| 3.1 Comprensión de la solicitud: Lista de Exigencias | 18 |
| 3.2 Proceso generalizado de desarrollo y diseño | 22 |
| 3.3 Consideraciones de diseño y descripción del sistema | 32 |
| 3.4 Seleccionador de paltas: Diseño y concepto de trabajo | 34 |
| 3.5 Transportador: Selección y cálculos de diseño | 35 |
| 3.6 Automatización del sistema | 59 |
| CAPITULO 4..... | 72 |
| 4.1 Listado de planos de ensamble y vistas generales..... | 72 |
| 4.2 Listado de planos de despiece | 72 |
| 4.3 Valorización económica..... | 73 |
| CAPITULO 5..... | 74 |
| 5.1 Conclusiones y trabajo futuro | 74 |
| 5.2 Recomendaciones | 75 |
| Bibliografía | 76 |

| | |
|---------------|----|
| ANEXO A | 77 |
| ANEXO B | 82 |
| ANEXO C | 83 |
| ANEXO D | 92 |

Lista de símbolos

- μ_c : Coeficiente general de fricción
- C_p : Tensión en cadena de transmisión
- K : Potencia de transmisión de cadena
- v : velocidad de avance de transportador
- n : revoluciones por minuto
- M_f : Momento flector total
- $M_{f_{xz}}$: Momento flector en el plano XZ
- $M_{f_{xy}}$: Momento flector en el plano XY
- M_t : Momento torsor
- τ_t : Esfuerzo cortante torsor
- $\tau_{C_{xz}}$: Esfuerzo cortante en el plano XZ
- $\tau_{C_{xy}}$: Esfuerzo cortante en el plano XY
- $\sigma_{f_{alt}}$: Esfuerzo alternante de fatiga
- σ_{f_m} : Esfuerzo medio de fatiga
- $\sigma_{f_{alt}}'$: Esfuerzo alternante de fatiga aumentado
- σ_{ALT} : Resistencia al esfuerzo alternante

CAPITULO 1

Introducción

1.1 Antecedentes

La palta, también denominada aguacate, es el fruto de la *Persea americana* que se cultiva actualmente en gran parte de todo el continente americano y que tiene diferentes variedades en toda la región. Es usada principalmente para el consumo como alimento, gracias a su contenido de grasa vegetal, que es buena para el organismo. Actualmente es un producto muy solicitado, lo que ha llevado a un incremento de su exportación a mercados como Asia, Europa y Estados Unidos de América.

A partir del año 2010 en adelante, se ha percibido un incremento en la producción agrícola de la palta para la exportación en el Perú, específicamente de los tipos HASS y Fuerte. De este modo el Perú se viene colocando como uno de los principales exportadores de productos agrícolas hacia regiones como Asia, Europa y Estados Unidos de Norteamérica, alcanzando 179 mil millones de kilogramos, por un valor total de 303 mil millones de dólares en el 2014 [4]. Por lo que se le reconoce como un producto importante en el desarrollo del mercado agroexportador. Con esto el Perú alcanzaría el segundo lugar en productor de paltas en el mundo.

Sin embargo, de igual manera hasta el presente año, la selección de los paltas se viene realizando en gran parte de manera manual y de manera visual, bajo el criterio de selección de los operarios de producción. En adición, la cantidad total de paltas que se puede seleccionar de manera manual, no logra satisfacer la demanda de producción y genera un alto índice de productos rechazados, según los comentarios realizados por algunos productores de palta.

Es por este motivo que se identificó la necesidad de desarrollar una máquina capaz de seleccionar una cantidad mayor de paltas en el mismo tiempo que se realiza actualmente y que sea totalmente automatizada para que contribuya con la disminución de rechazo de productos. La selección de paltas se debe realizar según la forma, tamaño y grado de madurez de acuerdo a las normas establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP011.018.2014. De este modo lo que se propone es brindar una solución para optimizar, aumentar y garantizar la buena selección de paltas para ofrecerlas en el mercado.

Es entonces que en el presente trabajo de tesis se plantea diseñar una máquina para optimizar el proceso de selección de paltas, con la finalidad de reducir la mano de obra y el tiempo de procesamiento, obteniendo al final un producto que cumpla con los requerimientos de exportación.

Para el diseño del equipo solicitado, se seguirán los lineamientos del “Método generalizado de procedimiento en el proceso de diseño” según las recomendaciones del VDI 2221, siguiendo la estructura del “Proceso generalizado de desarrollo y diseño” que forma parte de este texto. Se puede identificar cuatro partes fundamentales, que son las siguientes:

- Comprensión de la solicitud
- Concepción de la solución
- Elaboración del Proyecto
- Elaboración de detalles

1.2 Objetivos

El objetivo de la tesis es diseñar una máquina electromecánica capaz de ser automatizada para la selección de 5000 kilogramos de palta tipo HASS y Fuerte en seis calibres diferentes, por cada hora de trabajo. Es imperante contemplar en el diseño de la máquina que la selección del calibre de las paltas se realice por visión artificial, ya que es una de las exigencias del diseño.

1.3 Contribución científica

Se expone el diseño de una máquina automatizada para la selección de paltas por calibre. En adición, se plantea una propuesta de automatización para la selección de paltas por medio de visión artificial, gracias a la extracción de características visuales como son el tamaño y la forma. De igual manera, se plantea una propuesta de automatización para el control de calidad de paltas en base a las características visuales que harían al producto inadecuado para su exportación, tales como decoloración, putrefacción, raspado entre otros.

CAPITULO 2

Estado del arte

En el presente capítulo se expone los aspectos relacionados con la palta y su selección. En primer lugar es necesario comprender todos los detalles técnicos que involucran la cosecha de la palta, con la finalidad de poder satisfacer de la mejor manera los objetivos planteados para este proyecto de tesis. También es necesario conocer las tecnologías usadas actualmente para la selección de productos agrícolas en el mercado nacional e internacional con la finalidad de poder aprovechar o mejorar las tecnologías usadas actualmente.

2.1 La palta: Variedades y características

La palta, también denominada aguacate, cura, avocado o abacate; es el fruto de un árbol originario de Centroamérica denominado *Persea americana* perteneciente a la familia de las lauráceas. Este árbol puede alcanzar una altura de entre 10 y 15 metros con un color de corteza gris-verdoso. Su cultivo se ha diversificado por todo el continente americano. Esta expansión ha dado origen a una gran variedad de paltas. Dentro de las muchas variedades de cultivos de palta, podemos mencionar a las más comercializadas, que podrían ser la variedad Méndez, Criollo, Fuerte, HASS, Edranol, Bacón, Ettinger, Azul o negra, y muchas otra variedades.

Dentro de esta gran variedad de paltas, son dos las que nos interesan principalmente:

a) Palta Fuerte

Originaria de México y Centroamérica. Es una palta de buena calidad con piel verde, suave y se pela con facilidad Tiene un tamaño mediano y puede llegar a pesar entre 140 y 400 gramos. Su semilla es de tamaño medio. Su pulpa es cremosa y de color verde pálido. Luego de su maduración su piel se mantiene como color verde. Es cultivable entre los meses de agosto y octubre.

σ_x ANEXO C
(INFORMATIVO)

b.

VARIEDADES

x



FIGURA C.1 – Hass



FIGURA C.2 - Fuerte

Figura 2.1: Palta Hass (Izquierda) y palta Fuerte (Derecha).

[Extracto de la norma NTP 011.180 2014.]

b) Palta Hass

Originaria de California. Fue desarrollada en California por don Rudolph G. Hass, en 1926 patentada en 1935 es actualmente la más comercial en el mundo. El árbol tiene un desarrollo mediano, con copa de forma globosa abierta. Es altamente productivo, comenzando a producir fruta desde los 3 años.

La Palta Hass es periforme a ovoide, el peso varía entre 150 a 350 gramos. La piel de esta variedad es gruesa, rugosa y se pela con facilidad de la carne. Cuando madura cambia el color de verde a morado oscuro, no es fibrosa pero sí bastante cremosa, con un contenido de aceite que varía entre 18 a 23%, de color crema.

2.2 Propiedades nutricionales de la palta

A la palta se le atribuyen altos beneficios nutricionales antioxidantes y la capacidad de mejorar el metabolismo. Aporta sensación de saciedad y altas propiedades hidratantes. En la Tabla 2.1 se puede ver su contenido nutricional.

Tabla 2.1: Composición nutricional de algunas frutas de consumo tradicional comparadas con la palta.
Elaboración propia. Fuente: Revista Agroindustria. Edición Enero/Febrero 1996.

| | MANGO | NARANJA | MANZANA | PALTA |
|--------------------|-------|---------|---------|-------|
| Agua (gr) | 83 | 86 | 85 | 80 |
| Calorías (gr) | 63 | 53 | 56 | 152 |
| Proteínas (gr) | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 1.6 |
| Grasas (gr) | -- | -- | 0.6 | 15.6 |
| Carbohidratos (gr) | 15 | 13 | 14.1 | 4.8 |
| Fibra (gr) | 3.5 | 0.8 | 0.3 | -- |
| Calcio (mg) | 10 | 30 | 0.0 | 24 |
| Hierro (mg) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.53 |
| Vitamina A (i.u.) | 600 | 30 | 1330 | -- |
| Tiamina (mg) | 0.03 | 0.08 | 0.02 | 0.09 |
| Riboflavina (mg) | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.14 |
| Niacina (mg) | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 1.9 |
| Vitamina C (mg) | 25 | 45 | 7.0 | 10.0 |

2.3 El mercado global de la palta: Producción y Exportación

Esta información se obtuvo de Caser - Club de Análisis de Riesgos, reúne a las principales organizaciones del país, para brindarles conocimiento y herramientas de gestión, que les permita decidir con sustento técnico sobre los factores que influyen en el crecimiento y tendencias de los sectores económicos, así como en el desempeño de sus respectivos mercados. Ellos realizan reporte de riesgos sectoriales, sector agropecuario, los cuales son elaborados mensualmente, siendo la edición de Enero 2013 en la cual se elaboró el Análisis de riesgo de la palta.

El cultivo de palta contribuyó el 1.2% del Producto Bruto Interno (PBI) agrícola, convirtiéndose en el onceavo cultivo e importancia de la agricultura peruana con 18.700 hectáreas cosechadas en el 2012

Tabla 2.2: Exportación mundial de palta fresca o seca

| Exportación Mundial de Palta Fresca o Seca (Millones de US\$) | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--|-------|-------------|--------|--------------------|------|
| | Anual | | | Var. % | Var. % | Part. % | Participación de los Principales Países de destino | | | | | |
| | 2009 | 2010 | 2011 | 10/09 | 11/10 | 2011 | 1° | 2° | 3° | | | |
| México | 645.4 | 594 | 837.6 | -8 | 49.4 | EEUU | 77.6 | Japón | 9.6 | Canadá | 6.7 | |
| Chile | 264.4 | 184.7 | 226.3 | -30.1 | 22.5 | 44.3 | EEUU | 64.3 | Holanda | 19.4 | Reino Unido | 5.6 |
| Holanda | 158.5 | 153 | 200 | -3.5 | 30.7 | 11.3 | Alemania | 22.8 | Suecia | 18.2 | Noruega | 12.2 |
| España | 121.4 | 115.4 | 169.7 | -4.9 | 47 | 10 | Francia | 48.1 | Holanda | 11.6 | Alemania | 11.0 |
| Perú | 64.4 | 84.6 | 164.4 | 31.4 | 94.2 | 8.5 | Holanda | 45.3 | España | 23.3 | EEUU | 15.9 |
| Israel | 54.4 | 75 | 71.5 | 37.9 | -4.7 | 8.2 | Francia | 28.3 | Holanda | 23.5 | Reino Unido | 11.6 |
| EEUU | 20.6 | 49.5 | 59.5 | 140.5 | 2.2 | 3.6 | Canadá | 36.5 | Japón | 9.6 | República de Corea | 1.8 |
| Francia | 24 | 20.5 | 31.5 | -14.4 | 53.6 | 3 | Holanda | 31.8 | Suiza | 20.6 | España | 13.9 |
| Sudafrica | 24.8 | 43.7 | 30.7 | 76.2 | -29.6 | 1.6 | Holanda | 73.0 | Reino Unido | 21.0 | Francia | 1.1 |
| Rep. Domi | 16.3 | 18 | 27.2 | 10.5 | 51.4 | 1.5 | EEUU | 77.1 | Holanda | 10.6 | Reino Unido | 4.8 |
| Resto | 128.7 | 145.7 | 137.1 | 13.2 | -5.9 | 1.4 | | | | | | |
| Total | 1522.9 | 1484.2 | 2005.6 | -2.5 | 35.1 | 100 | | | | | | |

Elaboración Propia. Fuente [MAXMIXE]

Las exportaciones mundiales de palta se incrementaron 35,1% en el 2011, sumando US\$ 2.005,6 millones, esta expansión estuvo impulsada por las mayores ventas de Perú, México, España, Holanda y Chile, países que representan el 82,2% de las exportaciones.

Al cierre del 2012, la producción de paltas ascendería a 262,230 TM, 22.3%, más que el año previo. Este aumento estaría favorecido por los mejores rendimientos alcanzados en las principales regiones productoras, debido a un buen uso de tecnológico, mayor acceso de agua y mejora en condiciones climáticas favorables para la campaña agrícola 2012-2013.

Producción Anual de Palta

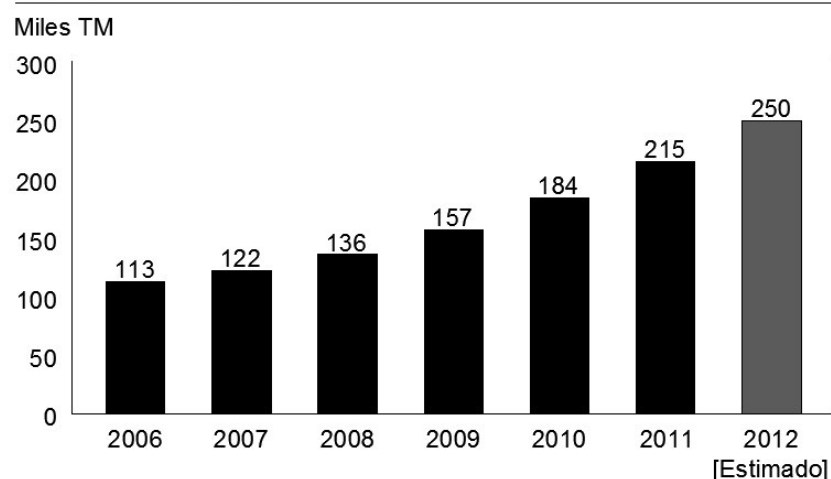


Figura 2.2: Producción anual de palta
[Elaboración propia. Fuente: SUNAT]

Tabla 2.3: Principales Empresas exportadoras de Palta

| | Principales Empresas Exportadoras (Millones de US\$) | | | Var. % 10/09 | Var. % 11/10 | Part. % 2011 |
|-----------------------------------|--|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | | | |
| Camposol | 10.9 | 16.5 | 30.7 | 51.5 | 86.2 | 19.1 |
| Consortio de Productores de fruta | 12.4 | 14.6 | 19.6 | 17.9 | 34.8 | 12.2 |
| Avo Perú | 2.2 | 6.6 | 16.5 | 198.7 | 148.8 | 10.3 |
| Sociedad Agrícola Drokasa | 2.9 | 5 | 14.8 | 72.4 | 197.3 | 9.2 |
| Hass Perú | 1.4 | 4.4 | 12.6 | 220.2 | 188.2 | 7.8 |
| Agroindustrias Solcace | 4.2 | 5.7 | 12 | 35.1 | 110.7 | 7.5 |
| Agroindustrias Verde Flor | 4.3 | 4.7 | 5.6 | 8.6 | 18.8 | 3.5 |
| Agrícola Don Ricardo | 2.5 | 2.2 | 3.4 | -13.1 | 6.8 | 2.1 |
| Corporación Fruticola de Chincha | 2.8 | 2.7 | 3.2 | -3 | 17.7 | 2 |
| Agrícola Tamarindo | - | 0.7 | 3.1 | - | 369.6 | 1.9 |
| Agrícola Copacaba de Chincha | 1 | 1.3 | 2.8 | 34.2 | 114.3 | 1.7 |
| Deshidratadora Libertad | 0.5 | 0.7 | 2.3 | 42.8 | 231 | 1.5 |
| Univeg Katope | - | - | 2.3 | - | - | 1.4 |
| Agrícola Los Libertadores | 1.5 | 1.2 | 2.2 | -21.1 | 85.5 | 1.3 |
| Resto | 21.1 | 18.8 | 29.8 | -10.6 | 58.3 | 18.5 |
| Total | 1522.9 | 1484.2 | 2005.6 | -2.5 | 35.1 | 100 |

Elaboración Propia. Fuente [SUNAT]

Este producto es estacionario y se puede ver en los siguientes recuadros los meses de cosecha.

Tabla 2.4: Estacionalidad de cosecha de paltas

| Calendario de cosechas de Palta por principales zonas productoras | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LIMA | Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
| | Campaña Chica | | | | | | | | | | | | |
| LA LIBERTAD | Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
| | Campaña Chica | | | | | | | | | | | | |
| JUNIN | Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
| | Campaña Chica | | | | | | | | | | | | |
| ICA | Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
| | Campaña Chica | | | | | | | | | | | | |

Elaboración Propia. Fuente [MAXIMIXE]

Tabla 2.5: Calendario de cosechas de Palta –

| Calendario de cosechas de Palta a Nivel Nacional | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| COSECHA | Campaña Grande | | | | | | | | | | | | |
| | Campaña Chica | | | | | | | | | | | | |
| SIEMBRE | Todo el año | | | | | | | | | | | | |

Elaboración Propia. Fuente [MAXIMIXE]

EE UU: Evolución de las Importaciones de Palta Hass

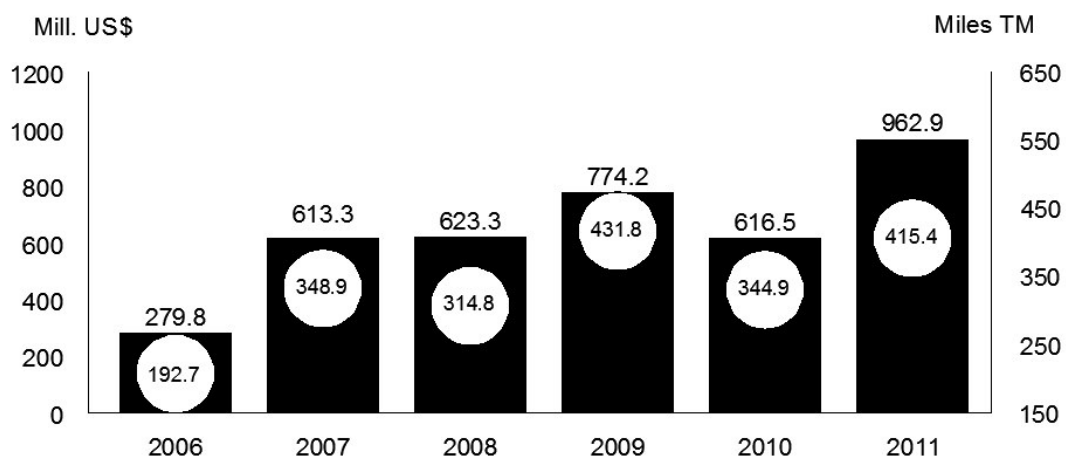


Figura 2.3: Producción anual de palta.
Elaboración propia. Fuente [MAXIMIXE]

2.4 Estado de la tecnología: Selección de paltas

Los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir las paltas en sus diversas variedades se encuentran establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP011.018 2014 . Esta se aplica a las paltas de los diversos cultivares de Persea americana, que habrán de suministrarse frescos. Estas normas no se aplican a las paltas destinadas a la elaboración industrial.



Figura 2.4: Selección manual de Paltas

[<http://gestion.pe/economia/maximixe-volumen-produccion-paltas-creceria-172-este-ano-2080036>]

2.4.1 Disposiciones Relativas a la Calidad (NTP 011.018 2014)

La clasificación de las paltas se realiza el aspecto externo, requisitos de madurez, daños, defectos y por el calibre. El calibre indica la cantidad de paltas de pesos semejantes que se pueden envasar juntas para completar una caja de 4 kilogramos.

Como se puede ver en las tablas 2.6 y 2.7 de la norma NTP 011.018 nos indica la relación entre peso y calibre de las paltas para su exportación a los mercados europeo y estadounidense. El alcance de diseño de la máquina desarrollada en este documento será el de poder clasificar las paltas cuyo peso cumpla con los calibres 10, 12, 14, 16, 18 y 20. La clasificación por calibres tiene una tolerancia de 10% en peso del total de las paltas que correspondan al calibre inmediatamente superior o inferior al indicado en el envase.

Adicionalmente las paltas deberán cumplir con ciertos requisitos de buena calidad para poder ser comercializados. Estos requisitos se presentan de manera clara en la norma NTP 011.018 2014. En la Tabla 2.8 se puede ver las tolerancias máximas para daños y defectos en paltas según su categoría. Se pueden identificar tres categorías, las cuales son Categoría Extra, Categoría I y Categoría II.

Tabla 2.6: Calibres de paltas para la exportación al mercado de la Unión Europea – [INDECOPI]

| NORMA TÉCNICA PERUANA | NTP 011.018 16 de 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|------------------|---|-------------|---|-----------|---|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|---------------------------------------|--|
| ANEXO B (INFORMATIVO) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DISPOSICIÓN DE CALIBRES Y SU PESO (EN GRAMOS) DE UNA CAJA DE 4 KILOGRAMOS NETOS EN DESTINO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TABLA B.1 - Para envases destinados al mercado de la Unión Europea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="552 965 767 992">Código de calibre</th> <th data-bbox="991 965 1203 992">Peso (en gramos)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td data-bbox="651 999 668 1025">4</td><td data-bbox="1031 999 1163 1025">781 – 1 220</td></tr> <tr><td data-bbox="651 1032 668 1059">6</td><td data-bbox="1038 1032 1155 1059">576 – 780</td></tr> <tr><td data-bbox="651 1066 668 1093">8</td><td data-bbox="1038 1066 1155 1093">456 – 576</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1099 676 1126">10</td><td data-bbox="1038 1099 1155 1126">364 – 462</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1133 676 1160">12</td><td data-bbox="1038 1133 1155 1160">300 – 371</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1167 676 1193">14</td><td data-bbox="1038 1167 1155 1193">258 – 313</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1200 676 1227">16</td><td data-bbox="1038 1200 1155 1227">227 – 274</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1234 676 1261">18</td><td data-bbox="1038 1234 1155 1261">203 – 243</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1267 676 1294">20</td><td data-bbox="1038 1267 1155 1294">184 – 217</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1301 676 1328">22</td><td data-bbox="1038 1301 1155 1328">165 – 196</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1335 676 1361">24</td><td data-bbox="1038 1335 1155 1361">151 – 175</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1368 676 1395">26</td><td data-bbox="1038 1368 1155 1395">144 – 157</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1402 676 1429">28</td><td data-bbox="1038 1402 1155 1429">134 – 147</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1435 676 1462">30</td><td data-bbox="1038 1435 1155 1462">123 – 137</td></tr> <tr><td data-bbox="643 1469 676 1496">32</td><td data-bbox="879 1469 1315 1496">80 – 123 (sólo para la variedad Hass)</td></tr> </tbody> </table> | Código de calibre | Peso (en gramos) | 4 | 781 – 1 220 | 6 | 576 – 780 | 8 | 456 – 576 | 10 | 364 – 462 | 12 | 300 – 371 | 14 | 258 – 313 | 16 | 227 – 274 | 18 | 203 – 243 | 20 | 184 – 217 | 22 | 165 – 196 | 24 | 151 – 175 | 26 | 144 – 157 | 28 | 134 – 147 | 30 | 123 – 137 | 32 | 80 – 123 (sólo para la variedad Hass) | |
| Código de calibre | Peso (en gramos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 781 – 1 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 576 – 780 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 456 – 576 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 364 – 462 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 300 – 371 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 258 – 313 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 227 – 274 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 203 – 243 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 184 – 217 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 165 – 196 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 151 – 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 144 – 157 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 134 – 147 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 123 – 137 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 80 – 123 (sólo para la variedad Hass) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTA: En el caso de mercados diferentes a la Unión Europea se cumplirán con los requisitos del cliente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| El peso mínimo de las paltas deberá ser de 80 g . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2.7: Calibres de paltas para la exportación al mercado de Estados Unidos – [INDECOPI]

| NORMA TÉCNICA PERUANA | | NTP 011.018 17 de 26 |
|---|------------------|-------------------------|
| TABLA B.2 - Para envases destinados al mercado de Estados Unidos | | |
| Código de calibre | Peso (en gramos) | |
| 24 | 447 - 532 | |
| 28 | 390 - 447 | |
| 32 | 333 - 397 | |
| 36 | 298 - 354 | |
| 40 | 269 - 326 | |
| 48 | 213 - 269 | |
| 60 | 177 - 213 | |
| 70 | 135 - 177 | |
| 84 | 106 - 134 | |
| 96 | 99 - 106 | |

Tabla 2.8: Tolerancias de daños y defectos en paltas – [INDECOPI]

| NORMA TÉCNICA PERUANA | | NTP 011.018 10 de 26 | |
|--|------------|-------------------------|-------------|
| TABLA 1 – Tolerancias máximas para daños y defectos en paltas, según su categoría | | | |
| Daños y defectos (*) | Categorías | | |
| | Extra | I | II |
| Menores | | | |
| Manchas | 5 % | 10 % | 10 % |
| Decoloración | 5 % | 10 % | 10 % |
| Rameado, rozadura o raspado | 5 % | 10 % | 10 % |
| Daño por insectos ² | 5 % | 10 % | 10 % |
| Desórdenes fisiológicos ³ | 1 % | 10 % | 10 % |
| Cambio de color | 5 % | 10 % | 10 % |
| Herida cicatrizada | 0 % | 10 % | 10 % |
| Contaminantes menores: fumagina, cal, pintura blanca. | 5 % | 10 % | 10 % |
| Subtotal de defectos menores | 5 % | 10 % | 10 % |
| Mayores | | | |
| Ausencia de pedúnculo ⁴ | 0 % | 1 % | 1 % |
| Magulladura o golpe | 0 % | 1 % | 1 % |
| Daños por heladas | 0 % | 1 % | 1 % |
| Quemadura de sol | 0 % | 1 % | 1 % |
| Pudrición | 0 % | 1 % | 1 % |
| Herida abierta | 0 % | 1 % | 1 % |
| Contaminantes mayores: excretas de aves. | 0 % | 0 % | 0 % |
| Subtotal de defectos mayores | 0 % | 2 % | 2 % |
| Total de defectos acumulados | 5 % | 10 % | 10 |
| (*) NOTA: Realizar mediante evaluación físico sensorial. | | | |

Tabla 2.9: Estacionalidad de producción de palta – [INDECOPI]

| | Estacionalidad productiva de variedades de palto producidas en el Perú | | | | | | | | | | | |
|----------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | MESES | | | | | | | | | | | |
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| HASS | | | | X | XX | XX | XX | XX | X | X | | |
| FUERTE | | | X | XX | XX | XX | XX | XX | X | X | X | |
| ZUTANO | | | X | XX | XX | XX | XX | XX | | | | |
| ETTINGER | | | | | XX | XX | XX | XX | | | | |
| NAVAL | | | | | | | | X | XX | XX | XX | X |
| CRIOLLA | XX | XX | XX | | | | | | | | X | X |

XX = Cosecha alta
X = Cosecha baja

Elaboración Propia. Fuente [MAXIMIXE]

2.5 Selección por peso: Balanzas dinámicas

La función de una balanza dinámica es de controlar el peso de los productos que pasan a través de su transportador. Esto permite la clasificación de productos que se encuentren dentro de un rango adecuado de pesos, sobre el cual se desea trabajar. Las balanzas dinámicas se pueden aplicar a la industria alimentaria para controlar el peso de los productos con una resolución de hasta 50 gramos. Se puede programar únicamente un rango de pesos para la selección y las velocidades de trabajo de los transportadores de las máquinas de algunos fabricantes alcanzan los 20 centímetros por segundo.

2.6 Selección por observación: Visión artificial

El objetivo principal del desarrollo del proyecto es automatizar e incrementar la capacidad del proceso de selección de paltas por tamaño. Para esto es necesario poder medir y registrar de alguna forma el tamaño de la palta para poder clasificarla de acuerdo a los calibres establecidos. Actualmente se puede identificar varias maneras de poder medir y registrar el tamaño de la palta, algunos de ellos es indirectamente a través del peso y otras a través del volumen.

La máquina descrita en este documento ha sido desarrollada íntegramente para un uso compatible de un sistema de visión artificial. Este sistema de visión artificial deberá trabajar con una cámara que registre por lo menos dos vistas de cada palta. A través de estas dos vistas capturadas, debería ser posible medir las áreas proyectadas en cada vista, con lo que finalmente se podrá estimar el volumen de la palta y se podrá clasificar según el calibre deseado.

El sistema de visión para la selección de paltas puede usar uno o más cámaras, según sea necesario, para poder asegurar una correcta selección por tamaño. Se reservará una posición especial dentro de la cabina de observación, donde se podrá instalar las cámaras que sean necesarias, así como el sistema de iluminación necesario para un buen registro de imágenes.

Este documento deberá complementarse con el desarrollo del tema de tesis “Diseño del sistema de visión artificial para selección de paltas”. El alcance de la tesis en mención será el desarrollo del algoritmo, programación e implementación del sistema de visión artificial capaz de estimar el volumen real de la palta. El sistema desarrollado e implementado deberá ser instalado y probado sobre el prototipo desarrollado para el tema de tesis “Diseño de un sistema mecatrónico para seleccionar paltas por tamaño [basado en visión artificial]”.

2.7 Equipos comerciales de selección de paltas

Se pudo identificar dos compañías dedicadas a la fabricación de máquinas automatizadas para la selección de productos agrícolas por visión artificial y otras herramientas de selección. Los parámetros de selección varían de acuerdo a los productos en procesamiento.

2.7.1 COMPAC Sorting Equipment

La primera compañía es COMPAC (1), una empresa con presencia mundial, líder en el desarrollo de proyectos Llave en Mano para el procesamiento de productos agrícolas. Las máquinas fabricadas por esta compañía usan las más avanzadas tecnologías para la medición de parámetros como color, dureza, volumen, peso y otros parámetros para la identificación de buena calidad en productos agrícolas.



Figura 2.5a: COMPAC, marca registrada



Figura 2.5b: Máquina de selección InVision 9000 de Compac

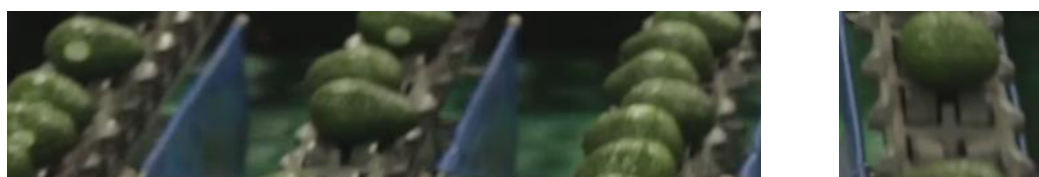


Figura 2.5c: Detalle de transportador de frutos para selección.

En la figura 1.6 se puede observar que cada línea de selección, es decir cada tren de transporte, tiene una propia cámara e iluminación para hacer la selección de manera más fiable.



Figura 2.6: Máquina de selección InVision 9000CR de Compac

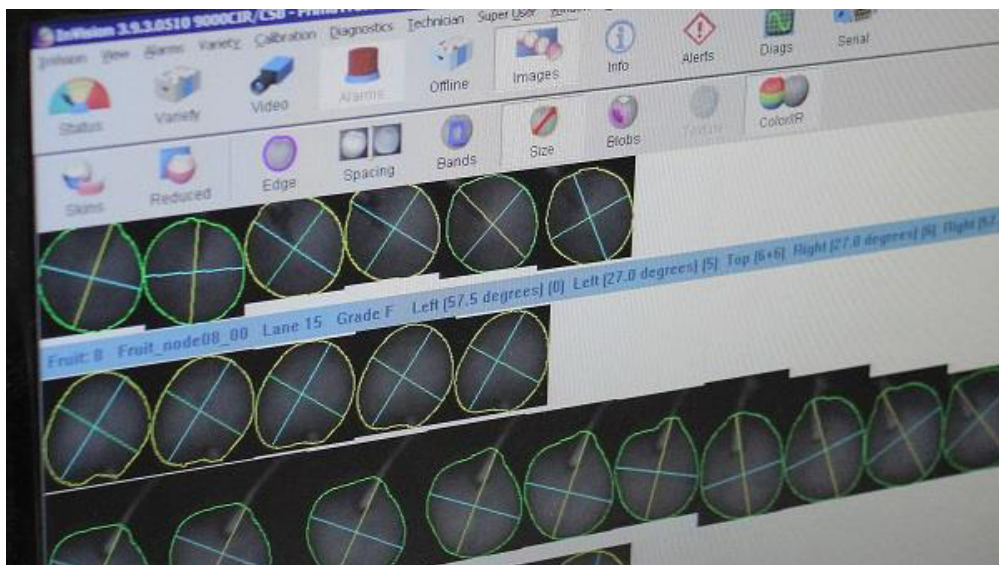


Figura 2.7: Adquisición de imágenes en InVision 9000CR de Compac.

2.7.2 TOMRA Sorting Solutions

La segunda compañía identificada es TOMRA, de origen noruego. Esta compañía también cuenta con presencia a nivel mundial en el desarrollo de máquinas para el procesamiento de productos agrícolas, así como otros sectores industriales de gran desarrollo tecnológico.



Figura 2.8: Máquina de selección Titán II - TOMRA.

El equipo de clasificación Titan II, es una máquina diseñada específicamente para selección de patatas, cebollas y que clasifica los vegetales de manera óptica. La selección se puede hacer por tamaños, forma, color y defectos.

2.7.3 Balanzas Dinámicas

Otro equipo que se comercializa a nivel nacional e internacional son las balanzas dinámicas. Su función es controlar el peso de llenado de cada producto para poder separarlos en función de los valores de pesos especificados. Deben tener la capacidad de poder medir el peso de los productos en tiempo real y con los productos en movimiento. Lo cual puede ser una dificultad ya que al aplicar velocidad de desplazamiento a los objetos estos pueden variar el peso medido. Por otro lado estas balanzas dinámicas sirven para medir productos que se encuentren bien posicionados sobre su faja transportadora de manera que no se mueva de su posición relativa. Lo cual puede ser perjudicial para medir el peso de las patatas, ya que por su forma ovoide tiende a rodar con el desplazamiento.



Figura 2.9: Balanzas dinámica LOCK CB de CODE&PACK
[<http://www.codepack.cl/>]



Figura 2.10: Balanzas dinámica 08D3 de PRISMA INDUSTRIALE
[<http://siscode.com/>]

CAPITULO 3

Diseño

“El diseño ha sido una tarea que se ha venido desarrollando en base a la propia experiencia del diseñador. La necesidad de desarrollar rápidamente nuevos productos ha hecho que se estudie e investigue esta actividad dando como resultado diversas metodologías. Hoy en día el diseño es una técnica que se puede enseñar y aprender.” [10]

Este capítulo está dedicado propiamente al diseño del requerimiento siguiendo los pasos del “Método generalizado de procedimiento en el proceso de diseño”. Después de detallar el problema a través de un proceso de abstracción, y lograr comprender cuál es el objetivo último del proyecto, se puede elaborar el concepto de la solución. Se tiene que buscar el mayor número de soluciones posibles, soluciones que sean viables desde todo punto de vista, tanto económico, técnico, constructivo y otros, a fin de poder encontrar dentro de todas ellas la solución óptima. Para esto se debe elaborar una estructura de funciones y posteriormente el concepto de la solución.

3.1 Comprensión de la solicitud: Lista de Exigencias

Las exigencias para el desarrollo del proyecto han sido elaboradas en base a las conversaciones que se tuvieron con los representantes del programa de desarrollado agrícola Sierra Exportadora a cargo del representante Guillermo Parodi Macedo, quien es especialista en frutales.

| LISTA DE EXIGENCIAS | | | Edición: Rev. 1 |
|----------------------|---|--|--------------------------------------|
| Proyecto: | | DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA SELECCIÓN DE PALTAS POR TAMAÑO | Fecha: 27/09/2014 |
| Cliente: | | | Revisado: B. Barriga J. Tafur. |
| Fecha | | Descripción | Elaborado: Julio Javier |
| Deseo o Exigencia | | | Responsable |
| 15/08/2015 | E | Función Principal: Selección de paltas por forma y tamaño deseado. Los productos a utilizar en la clasificación son las paltas del tipo "HASS" y también podrían ser las del tipo "Fuerte", el objetivo es llegar a clasificar alrededor de 500 kg/hora lo que implica aproximadamente 1 palta por segundo. | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Materia Prima de la Máquina: Se trabajará con materiales accesible en el mercado local y que cumplan las medidas de salubridad requeridas bajo las normas de la industria alimentaria regidas bajo las normas nacionales de DIGESA y las normas internacionales establecidas por la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Fuerza: Debemos asegurarnos que las fuerzas ejercidas sobre el producto sean mínimas para evitar dañarlos, el peso promedio de las paltas varía entre 150 y 280 gr. | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Control: Es necesario controlar la velocidad de las fajas para asegurar la efectividad en la clasificación. Del mismo modo controlar la clasificación por medio de cámaras. | Julio Javier |

| LISTA DE EXIGENCIAS | | | Edición: Rev. 1 |
|----------------------|---|--|--------------------------------------|
| Proyecto: | | DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA SELECCIÓN DE PALTAS POR TAMAÑO | Fecha: 27/09/2014 |
| Cliente: | | | Revisado: B. Barriga J. Tafur. |
| Fecha | | Descripción | Elaborado: Julio Javier |
| Deseo o Exigencia | | | Responsable |
| 15/08/2015 | E | <p>Seguridad: Es muy importante también asegurar la integridad de los productos que se procesarán. Por este motivo es importante que la máquina se pueda detener fácilmente en caso de que se genere una avería en la línea de producción</p> <p>Es muy importante también asegurar la integridad de los productos que se procesarán. Por este motivo es importante que la máquina se pueda detener fácilmente en caso de que se genere una avería en la línea de producción</p> | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | <p>Montaje: La instalación, montaje y desmontaje de la máquina serán de la manera más simplificada posible.</p> | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | <p>Mantenimiento: La máquina será diseñada de tal manera que se requiera el menor mantenimiento posible, asegurando así la fluidez del trabajo y por ende la productividad. Los puntos de engrase serán de fácil acceso y reconocimiento; por otro lado los repuestos serán de geometría sencilla para facilitar la fabricación y reemplazo.</p> | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | <p>Geometría: Las dimensiones de la máquina deben ser diseñadas de modo que el producto final sea un equipo compacto en tamaño y que al mismo tiempo sea dimensionalmente accesible para la estatura promedio de los operarios. Este equipo debe ser modular de modo que se pueda trabajar varias líneas de trabajo en paralelo.</p> | Julio Javier |

| LISTA DE EXIGENCIAS | | | Edición: Rev. 1 |
|---------------------|----------------------|--|--------------------------------------|
| Proyecto: | | DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA SELECCIÓN DE PALTAS POR TAMAÑO | Fecha: 27/09/2014 |
| Cliente: | | | Revisado: B. Barriga J. Tafur. |
| Fecha | | Descripción | Responsable |
| | Deseo o Exigencia | | |
| 15/08/2015 | E | Fabricación: El diseño debe estar basado en materiales que se puedan encontrar localmente y que sean de costo accesible. | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Energía: Para garantizar el buen funcionamiento de la máquina se debe contar con una fuente estable de voltaje. Se seleccionará los componentes eléctricos de modo que se pueda usar con tensiones 220/380/440 VAC. Adicionalmente se necesitará un punto de alimentación de presión neumática con un valor mínimo de 7 bares. | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Ergonomía: La máquina debe tener las dimensiones adecuadas para brindar comodidad y facilidad de uso al operario, además en ningún momento debe demandar un esfuerzo excesivo al de su trabajo normal que dañe la integridad física del operario. El ruido generado por la maquina no debe exceder los 80 decibeles para un trabajo continuo de 8 horas diarias, según lo establecido en las normas OHSAS 18001. | Julio Javier |
| 15/08/2015 | E | Marco Legal: La selección para la calidad de paltas está bajo la norma técnica peruana del producto NTP 0.11.0.18:2014. | |

3.2 Proceso generalizado de desarrollo y diseño

Esta metodología de evaluación busca todas las opciones posibles para realizar una tarea específica que debe ser realizada por la máquina en el proceso de diseño. Luego, estas soluciones para cada tarea específica se agrupan para lograr el funcionamiento óptimo.

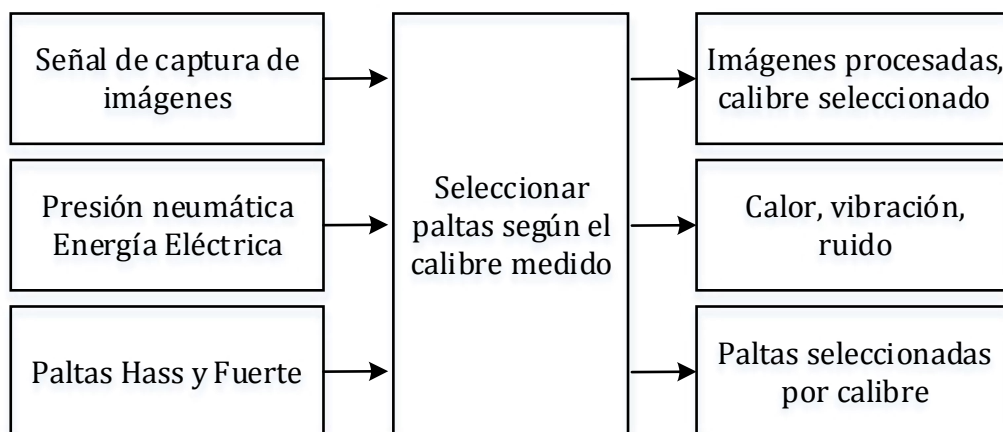
Se presenta el desarrollo de los pasos realizados de acuerdo a las recomendaciones del VDI 2221, siguiendo la estructura del “Proceso generalizado de desarrollo y diseño”.

Primero, se representa la máquina como una caja negra, donde se puede identificar los componentes de entrada y salida, para el sistema en desarrollo. A partir de esta representación se puede elaborar la estructura de funciones.

Dentro de la caja negra, se dará una sucesión de procesos que transformarán las tres magnitudes básicas en nuestros productos o salidas.

3.2.1. Abstracción como caja negra

Diagrama 3.1: Abstracción como del diseño como caja negra



3.2.2. Secuencia de operaciones: Descripción de procesos

- 1) Preparación: Recepción de paltas y dosificación en líneas de selección
 - a) Colocar las paltas dentro de la bandeja de selección. Estas paltas ingresan a la maquina seleccionadora provenientes de un sistema previo de transporte, que en este caso sería una faja transportadora, sobre la cual se han vaciado previamente las paltas cosechadas.
 - b) Dividir (dosificar) en sub-líneas, con la finalidad de poder verificar paltas en paralelo y así aumentar la velocidad de selección.
 - c) Posicionar y alinear las paltas de manera adecuada en las sub-líneas de selección, para poder acomodarlas después y poder realizar la medición de calibres de cada palta.

- 2) Traslado y rotación de paltas
 - a) Transportar y girar las paltas sobre su eje central mientras se realiza la inspección, esto con la finalidad de poder observar todo el contorno y así tener el dato correcto del tamaño del producto.

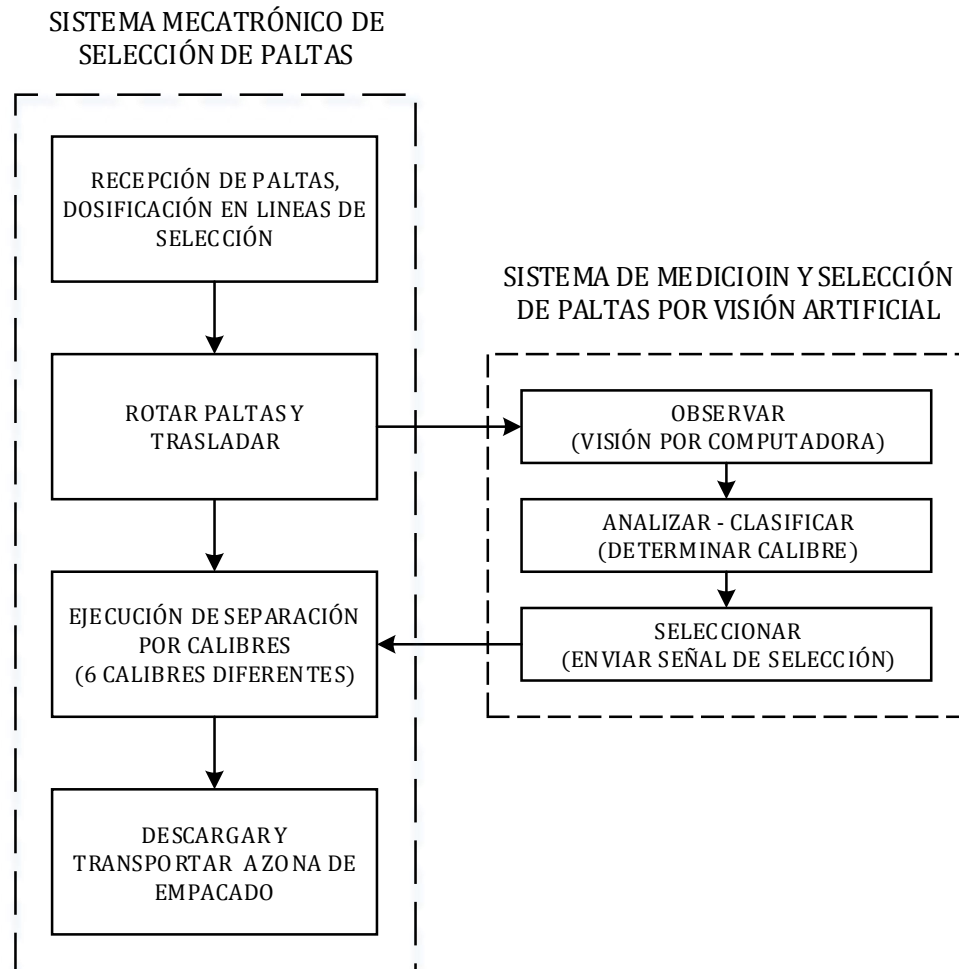
- 3) Observar y clasificar según calibre (Control por sistema de visión)
 - a) Capturar imágenes con visión artificial.
 - b) Procesar imágenes.
 - c) Clasificar por calibres.
 - d) Enviar señal de selección.

- 4) Ejecución de separación por calibres
 - a) Recepción de señal de ejecución.
 - b) Confirmación de posición exacta de palta a seleccionar..
 - c) Ejecutar la clasificación de paltas por calibre.

- 4) Transporte de paltas seleccionadas
 - d) Transportar las paltas seleccionadas según calibre hacia su zona de descarga correspondiente.

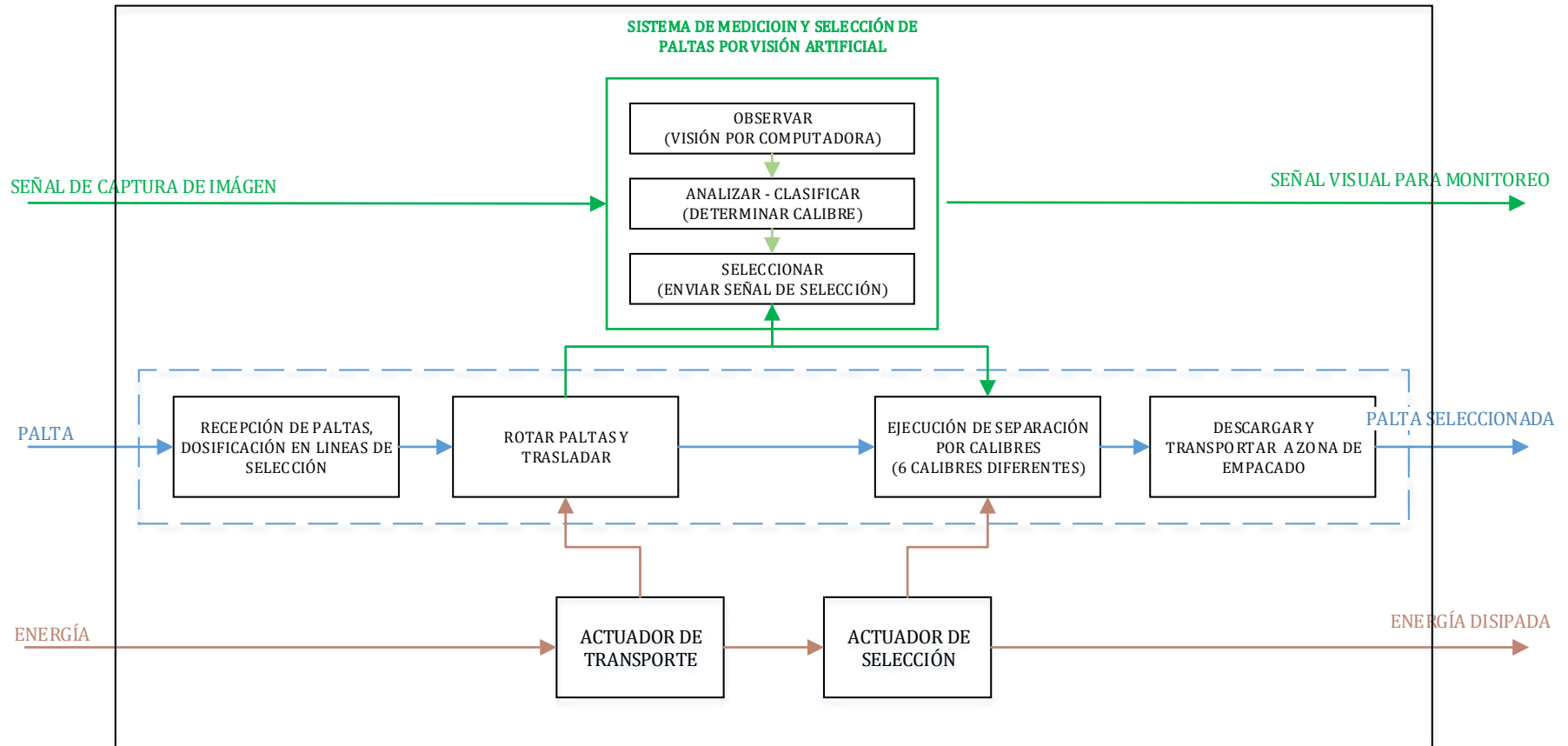
3.2.3. Secuencia de operaciones

Diagrama 3.2: Secuencia de operaciones del ciclo de trabajo





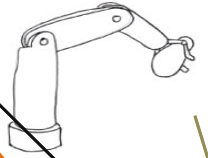
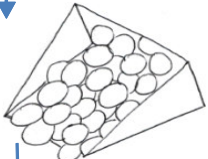
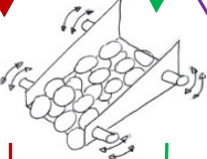

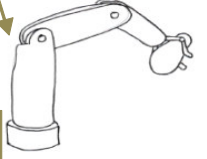

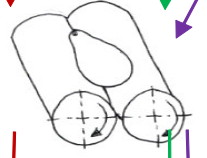



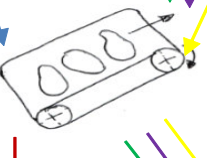
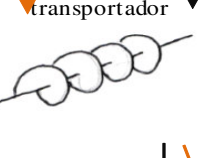

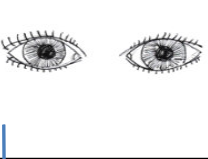
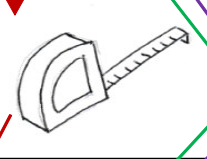
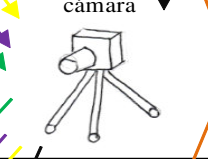
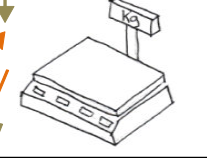
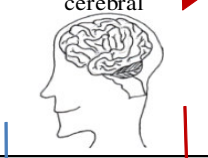

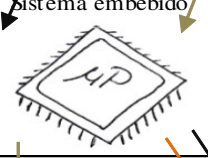

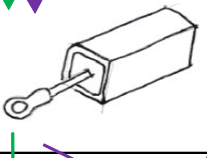

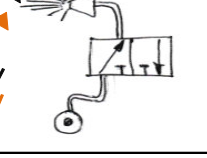
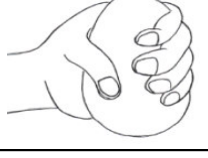
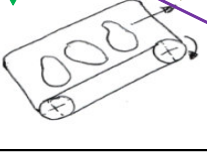
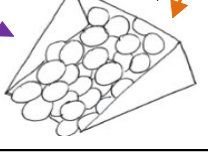
3.2.4.. Estructura de funciones

Diagrama 3.3: Estructura de funciones para el diseño









3.2.5. Matriz morfológica

Tabla 3.1: Matriz morfológica

| | | A | B | C | D |
|---|---------------------------|---|--|--|--|
| 1 | Recibir | Manual  | Verter  | Brazo robótico  | |
| 2 | Dosificar | Descarga por  | Zarandas  | Guías de dosificación  | Brazo robótico  |
| 3 | Rotar | Manual  | Rodillos  | Rodadura pura por gravedad  | Sujeción con mordaza  |
| 4 | Trasladar | Manual  | Transportador  | Tornillo transportador  | Cangilones  |
| 5 | Medir | Inspección visual  | Cinta métrica  | Visión artificial / cámara  | Balanza electrónica  |
| 6 | Analizar/ Clasificar | Procesamiento cerebral  | Computadora/ dispositivo móvil  | Microprocesador/ Sistema embebido  | |
| 7 | Seleccionar/ Separar | Manual  | Pistón neumático  | Servomotor/ Motor de pasos  | Tobera de aire  |
| 8 | Descargar/ Transportar | Manual  | Transportador  | Rampa de descarga  | |

La matriz morfológica nos ayuda a construir un sistema de soluciones a partir de todas las funciones parciales y todas las posibles soluciones que se pueden plantear para cada una de las funciones parciales. En la tabla 2.1 se puede identificar las funciones parciales y sus posibles soluciones. También se puede identificar los diferentes conceptos de solución, si se sigue las flechas de diferentes colores como se indica a continuación:

| Soluciones | |
|------------|---|
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |

Para conceptualizar las posibles soluciones de la matriz morfológicas se procede a bosquejar a mano alzada las que se consideren como soluciones más factibles. A continuación se presenta algunos de los conceptos de solución que toman mayor solidez para poder convertirse en la solución óptima.

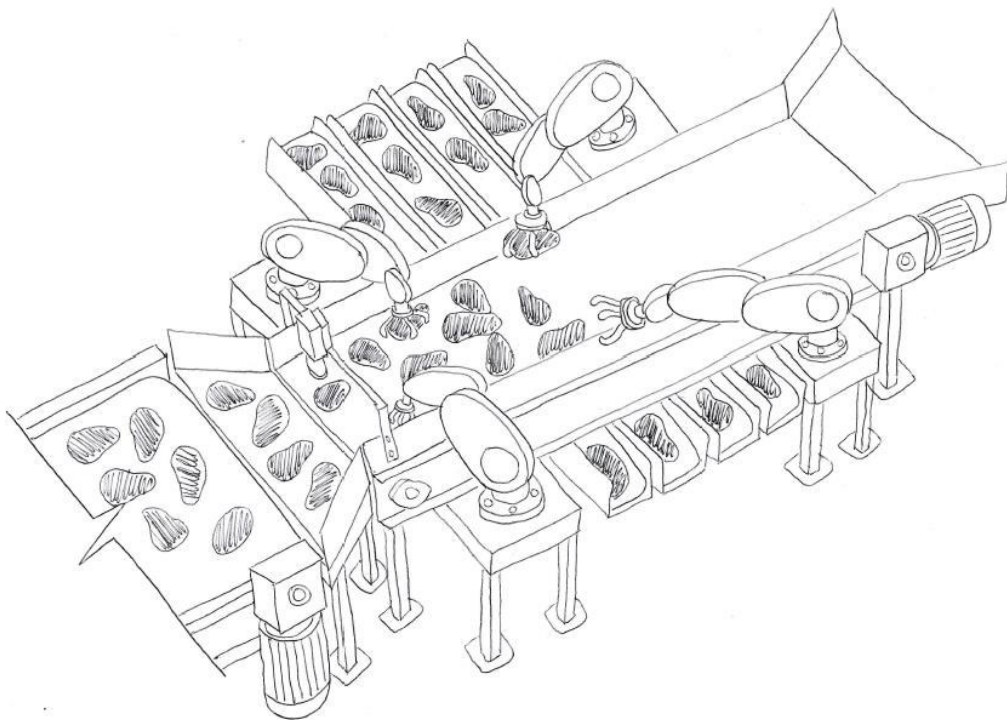


Figura 3.1: Concepto de Solución 7.

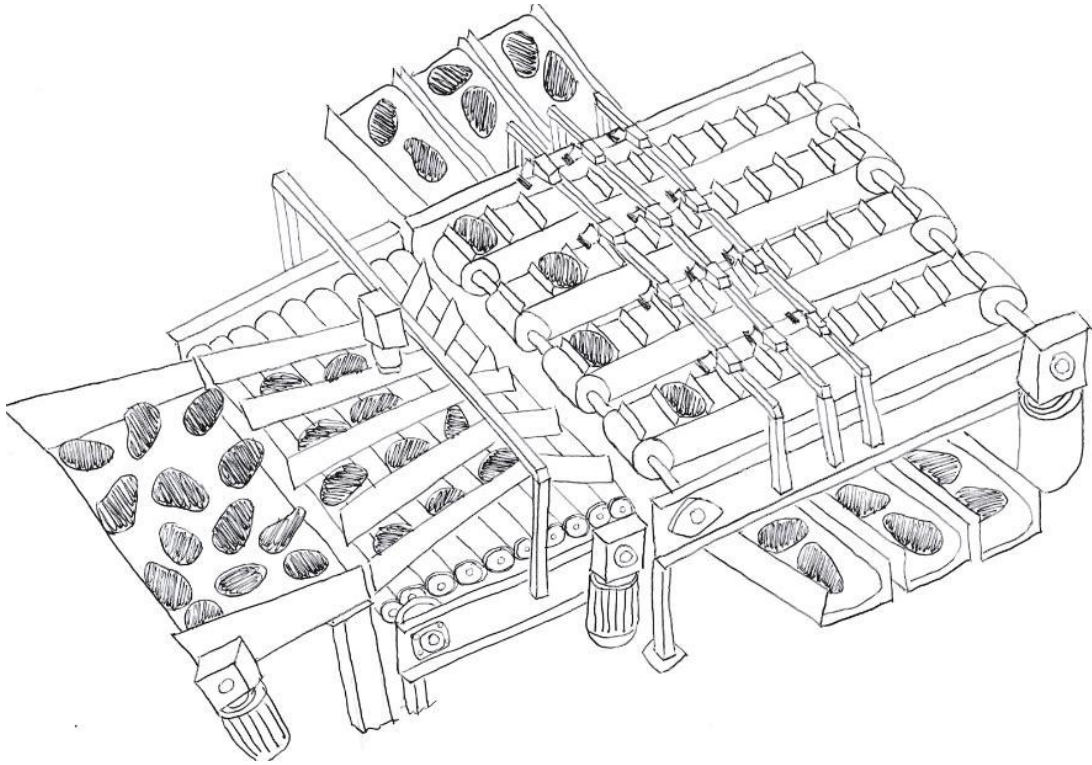


Figura 3.2: Concepto de Solución 3.

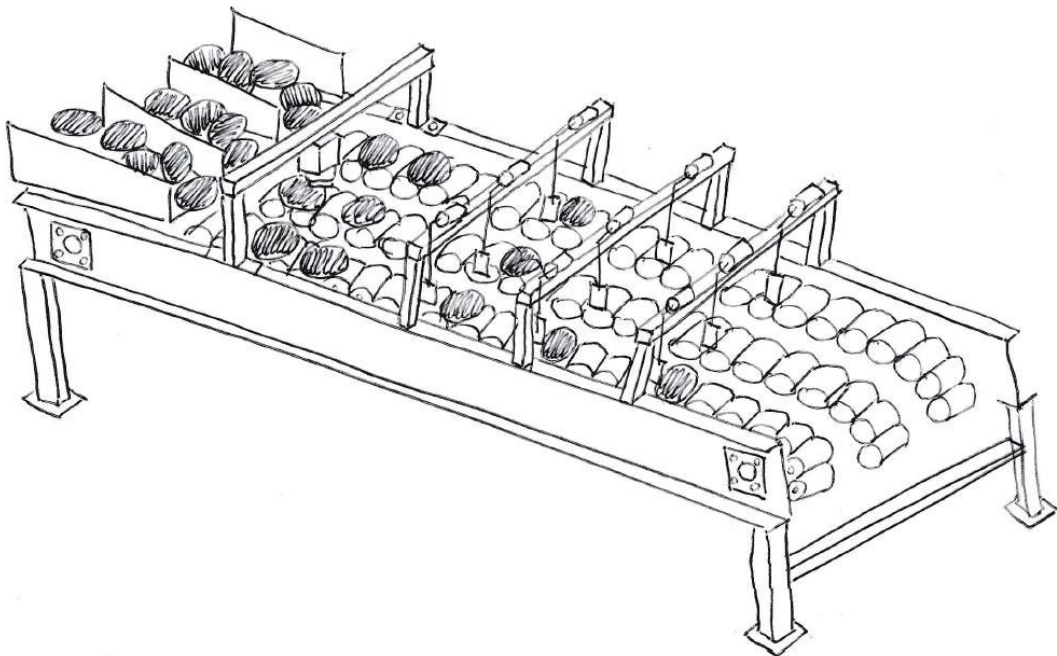










Figura 3.3: Concepto de Solución 4.

3.2.6. Concepto de solución

Se procede a evaluar todas las soluciones posibles resultantes de la matriz morfológica, que sean factibles. Para ello se realiza una tabla de evaluación donde se calificará del 0 al 4 según la calidad y factibilidad de la evaluación para alcanzar el objetivo logrado. Las posibles soluciones son:

| Soluciones | |
|------------|---|
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |

0: No aceptable
1: Poco satisfactorio
2: Suficiente
3: Satisfactorio
4: Muy satisfactorio

Tabla 3.2: Calificación de los conceptos de solución

| No. | Criterios técnicos y económicos | Solución | | | | | | | |
|-----|-------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| 1 | Confiabilidad | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 2 | Número de operarios | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | Ahorro de recursos/energía | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | Fatiga asociada a la operación | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | Facilidad de manipulación | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | Costo de implementación tecnológica | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | Facilidad de montaje | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | Costo de operación | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 9 | Costo de mantenimiento | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 10 | Rapidez de mantenimiento | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | Rapidez de funcionamiento | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 12 | Capacidad de automatización | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 13 | Seguridad en la operación | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 14 | Costo de capacitación técnica | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | Consecución del objetivo | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| | | 24 | 25 | 51 | 53 | 52 | 48 | 51 | 48 |

Se puede verificar en la tabla que los conceptos con mejor puntaje son el número 3 y 4. A partir de estos modelos se procederá a conceptualizar la solución óptima.

3.2.7. Solución óptima

Para conceptualizar las posibles soluciones de la matriz morfológicas se procede a bosquejar a mano alzada las que se consideren como soluciones más factibles para poder alcanzar el objetivo de seleccionar paltas por calibres de manera automatizada. En este caso se plantea dos posibles soluciones con adquisición de imágenes por visión artificial y procesamiento por computadora. Y las posibilidades de selección de los frutos son por sistema neumático y por servomotores o motores de paso.

Tabla 3.3: Evaluación técnico-económica de soluciones preliminares

| Proyecto: Máquina seleccionadora de palta por calibre | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|------------|---|------|------------|------|------------|------|
| Criterios técnico-económicos de evaluación para diseño | | | | | | | | |
| Variantes de Proyectos | | Solución 4 | | | Solución 3 | | Sol. Ideal | |
| N° | Criterios de evaluación | g | p | gp | p | gp | p | gp |
| 1 | Función | 9 | 4 | 36 | 4 | 36 | 4 | 36 |
| 2 | Forma | 5 | 3 | 15 | 3 | 15 | 4 | 20 |
| 3 | Diseño | 7 | 3 | 21 | 3 | 21 | 4 | 28 |
| 4 | Seguridad | 7 | 3 | 21 | 3 | 21 | 4 | 28 |
| 5 | Ergonomía | 6 | 3 | 18 | 3 | 18 | 4 | 24 |
| 6 | Fabricación | 7 | 3 | 21 | 3 | 21 | 4 | 28 |
| 7 | Montaje | 4 | 3 | 12 | 3 | 12 | 4 | 16 |
| 8 | Transporte | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 8 |
| 9 | Uso | 8 | 4 | 32 | 4 | 32 | 4 | 32 |
| 10 | Mantenimiento - Técnico | 8 | 4 | 32 | 3 | 24 | 4 | 32 |
| 11 | Costo y tiempo de repuestos | 7 | 3 | 21 | 2 | 14 | 4 | 28 |
| 12 | Costo de recursos en capacitación | 7 | 2 | 14 | 1 | 7 | 4 | 28 |
| Puntaje máximo Σgp | | | - | 247 | - | 225 | - | 308 |
| Valor obtenido | | | - | 0.80 | - | 0.73 | - | 1.00 |
| Orden | | | - | 1 | - | 2 | - | - |

El concepto de solución con mayor puntuación es la solución 3. A partir de esta solución se procederá a conceptualizar el diseño y determinar los detalles necesarios para obtener el diseño final de la máquina.

La solución óptima es la que cumple de manera satisfactoria las funciones requeridas por encima de las demás soluciones planteadas. En este caso la solución planteada es un transportador electromecánico, diseñado especialmente con unos rodillos de plástico que servirán como alojamiento y soporte de las paltas que se desean transportar para su correcta clasificación. El proceso de selección inicia con la captura de imágenes de las paltas desde una cámara, para posteriormente digitalizar la imagen y hacer la selección del calibre de cada palta por medio de los algoritmos de procesamiento de imágenes implementados en el procesador de imágenes, el cual podría ser una computadora o algún tipo de procesador

embebido. Finalmente la ejecución de la acción de selección, es decir de la separación de paltas por calibre se realizará por medio de un sistema neumático que cuenta con cilindros neumáticos, que se activarán en el momento en que la palta este en la posición adecuada para ser separada según su calibre. Para determinar la distancia necesaria que cada palta debe recorrer antes de llegar a la posición adecuada de selección, se usará un encoder, el cual estimará la distancia recorrida a través del giro motriz. En la Figura 3.1 se puede ver el bosquejo del concepto de Solución Óptimo.

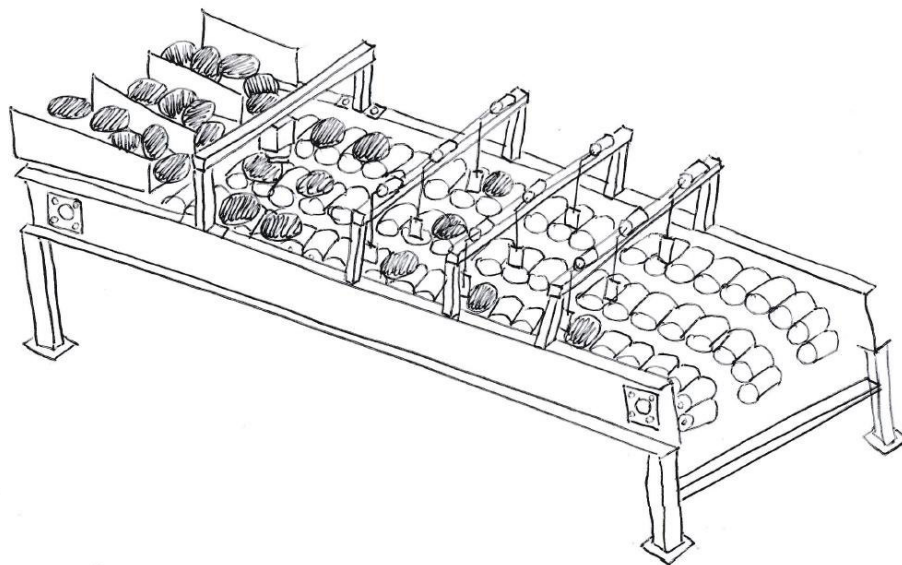


Figura 3.4: Concepto de Solución Óptimo

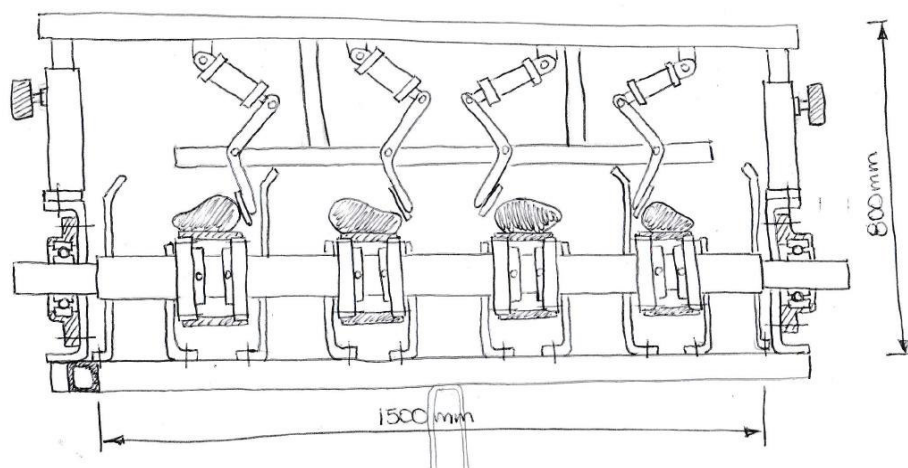


Figura 3.5: Concepto de Solución Óptimo. Detalle de sección.

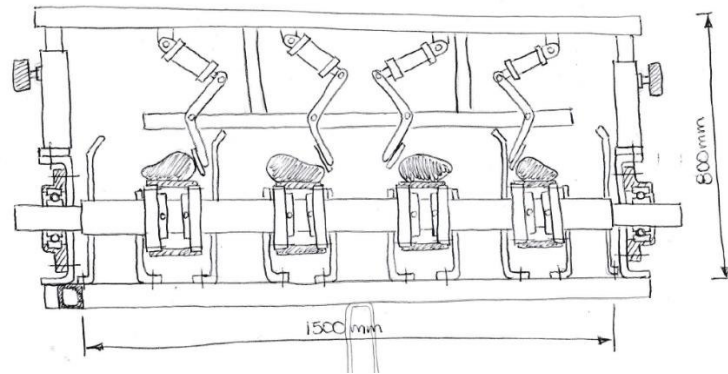


Figura 3.6: Concepto de Solución Óptimo. Detalle de brazos seleccionadores.

3.3 Consideraciones de diseño y descripción del sistema

El diseño de la máquina ha sido concebido en base a las exigencias expuestas en reuniones con los representantes de Sierra Exportadora, quienes hacen la labor de intermediarios entre los productores de palta y el diseñador de la máquina. Luego de una serie de reuniones se pudo determinar una serie de condiciones y parámetros de trabajo en los que se apoya el diseño de la máquina.

3.3.1 Condiciones ambientales de trabajo

El diseño de la seleccionadora de palta ha sido concebido para ser usada en la misma zona de cosecha de las paltas, o en su defecto en una zona muy cercana a la misma. Las zonas de producción de palta, por lo general tienen un clima con condiciones normales de trabajo con un rango de temperatura que varía entre los 12°C y los 28°C en todo el año. Además no se presentan fenómenos ambientales que puedan ser considerados severos para la máquina seleccionadora. Adicionalmente el uso de la máquina debe ser dentro de un ambiente cerrado y techado para mantener buenas condiciones de trabajo.

3.3.2 Volumen de procesamiento

Después de analizar la demanda, se pudo determinar que una capacidad adecuada de procesamiento es de 5 toneladas de palta por cada hora de trabajo. Es muy importante tener en cuenta que las paltas pueden alcanzar pesos que varían entre los 80 gramos y los 1220 gramos. Sin embargo, el verdadero rango de selección de las paltas abarca desde el calibre 10 hasta el calibre 20, lo cual equivale a decir que el rango de pesos de selección va desde los 184 gramos hasta los 462 gramos.

Capacidad de procesamiento: 5000 kilogramos de palta por hora.

Tabla 3.4: Evaluación de la capacidad de procesamiento en unidades

| Calibre | Peso Promedio. (gr.) | Unidades |
|----------|----------------------|----------|
| 10 | 420 | 11905 |
| 12 | 338 | 14790 |
| 14 | 287 | 17420 |
| 16 | 251 | 19920 |
| 18 | 223 | 22420 |
| 20 | 200 | 25000 |
| Promedio | 286.5 | 18576 |

Se estima que se procesará aproximadamente 18576 unidades de palta por hora en la máquina que se plantea diseñar.

Rango de pesos por calibre de palta:

Tabla 3.5: Rango de pesos de paltas para el diseño

| Calibre | Rango de peso según NTP011.018 [gramos] | Rango estimado para calculos [gramos] |
|---------|---|---------------------------------------|
| 10 | 364-462 | 368-470 |
| 12 | 300-371 | 307-368 |
| 14 | 258-313 | 266-307 |
| 16 | 227-274 | 235-266 |
| 18 | 203-243 | 210-235 |
| 20 | 184-217 | 180-210 |

Mediante medidas tomadas a varias muestras de paltas, se logró aproximar el rango de diámetros medios y longitudes máximos por calibre de palta:

Tabla 3.6: Medidas externas equivalentes en calibres

| Calibre | Diámetro mínimo [mm] | Diámetro máximo [mm] | Longitud mínimo [mm] | Longitud máximo [mm] |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 10 | 88 | 92 | 134 | 141 |
| 12 | 82 | 87 | 126 | 133 |
| 14 | 76 | 81 | 118 | 125 |
| 16 | 70 | 75 | 109 | 117 |
| 18 | 63 | 69 | 99 | 108 |
| 20 | 55 | 62 | 89 | 99 |

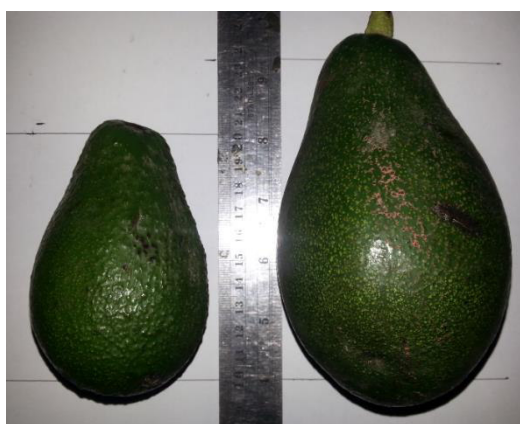


Figura 3.7: Fotografía de palta Hass calibre 20 (Izquierda) y palta Fuerte calibre 10 (Derecha)

3.4 Seleccionador de paltas: Diseño y concepto de trabajo

(Se explica brevemente el funcionamiento de la máquina haciendo énfasis en los dibujos a mano alzada).

La máquina desarrollada consiste básicamente en un transportador de cadenas especialmente desarrollado y adaptado para poder movilizar y hacer girar las paltas a lo largo de su recorrido. Para esto el transportador cuenta con una tolva de suministro, donde se descargarán manualmente las paltas y se posicionarán las paltas de manera uniforme una tras otra sobre el transportador. Se trata de imitar el transportador que se aprecia en la figura 2.7 en donde las paltas se transportan de manera unitaria con la posibilidad de girar para poder captar imágenes de toda su superficie.



Figura 3.8: Fotografía de palta Hass

Al hacer rodar las paltas se puede captar de manera visual, con ayuda del sistema de visión por computadora, toda la superficie de la palta. Esto permite extraer información de tamaño, daños y defectos; logrando así realizar una selección por tamaño y características físicas. El sistema de visión que se desarrolle para la selección de frutos debe ser capaz de realizar esta extracción de información y enviar señales de salida para el accionamiento de los actuadores que se encontrarán dispuesto sobre el transportador para realizar la selección de manera adecuada según el calibre que corresponda.

El sistema de actuación para la selección de los frutos utilizará una fuente de aire comprimido para el accionamiento de los seleccionadores que pueden ser pequeños pistones neumáticos que empujarán la palta hacia la canasta de almacenamiento. En un primer lugar se pensó usar una tobera que suministra una corriente de aire a alta presión, pero no alcanzaba la fuerza necesaria para empujar la palta.

Una vez detectado el calibre de la palta por el sistema de visión por computadora, este emite una señal de accionamiento a los actuadores. Esta señal de accionamiento se hará efectiva tras un tiempo de retraso adecuado, según la distancia a la que se encuentre alejado el actuador desde la cabina de observación.

3.5 Transportador: Selección y cálculos de diseño

Como se mencionó se desea diseñar un transportador especial que pueda trasladar las paltas linealmente y a la vez las haga girar. Para esto se pretende usar unos rodillos especialmente diseñados para esta aplicación, de modo que cada palta se aloje exactamente en cada espacio unitario como se puede verificar en la Figura 3.5.

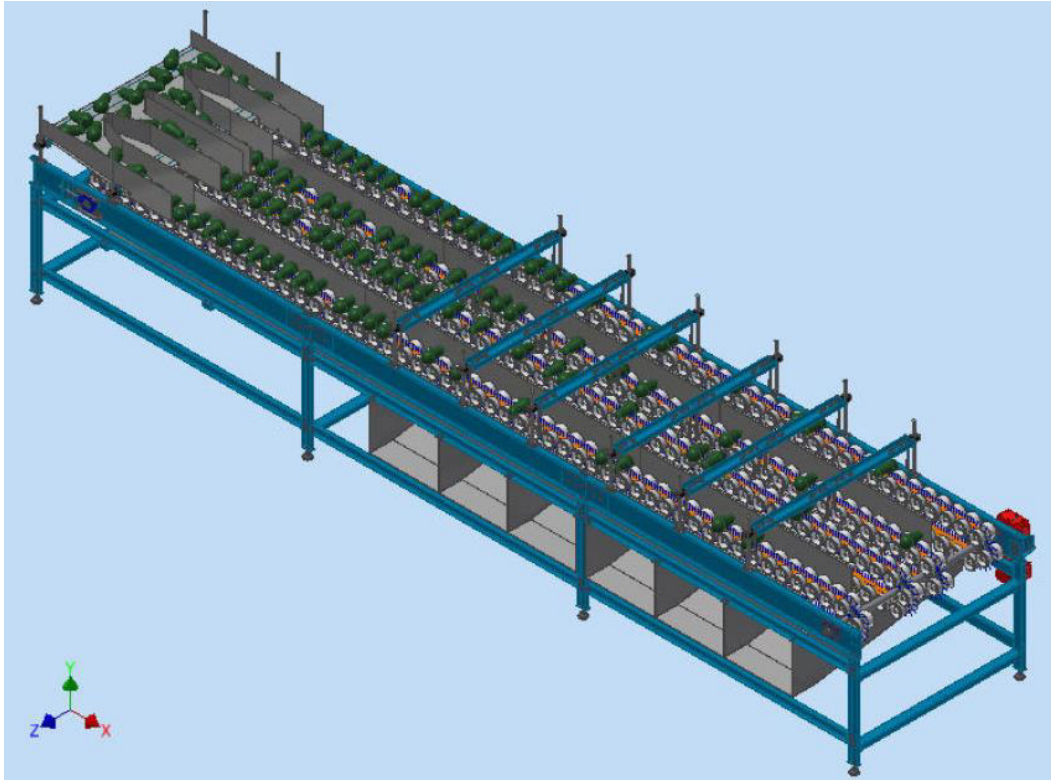


Figura 3.9: Vista representativa de transportador de rodillos

Para que se garantice una adecuada selección, el transportador deberá cumplir con ciertos requerimientos de diseño, y así asegurar el correcto funcionamiento. Los requerimientos de diseño influirán directamente en la selección de la velocidad de desplazamiento, la potencia instalada y la selección de los componentes electromecánicos.

3.5.1 Velocidad de desplazamiento

La determinación de la velocidad lineal del transportador dependerá únicamente de la capacidad de carga determinada para el funcionamiento de la máquina. De este modo si la capacidad de procesamiento requerida es de 5000 kilogramos de palta de diferentes tamaños por cada hora de trabajo, con este dato se puede calcular de manera aproximada la velocidad requerida de desplazamiento. Por ejemplo, para el Calibre 10, el peso promedio de la palta es de 413 gramos. Al dividir 5000 kilogramos entre el peso promedio unitario de 413 gramos, el resultado es 12107 unidades de paltas procesadas aproximadamente. Luego, se sabe que el transportador consta de 4 líneas de procesamiento, es decir 4 transportadores trabajando en paralelo. Al dividir 12107 unidades entre las 4 líneas de selección, resulta un total de 3027 unidades de paltas procesadas por cada línea de selección. También se sabe que la distancia de separación entre cada rodillo transportador es de 127 milímetros, es decir que cada palta, sin importar su

tamaño, ocupará una distancia de 127 milímetros de distancia. Entonces, si se desea transportador en cada línea de selección una cantidad de 3028 unidades en 1 hora, y se sabe que cada unidad ocupa 0,127 metros, se dice que se desea transportar una distancia de 384 metros en 1 hora. Lo que finalmente se traduce en una velocidad lineal de 0.11 metros por segundo. De igual forma se puede calcular la velocidad requerida para los demás calibres, como se puede apreciar en la Tabla 3.4, y finalmente se seleccionará la mayor velocidad requerida. Se selecciona una velocidad de 0.25 metros por segundo.

Tabla 3.7: Tabulación de velocidades lineales calculadas para cada calibre

| Capacidad total [Kg/hora] | Calibre | Peso promedio [Kg] | Unidades promedio en total [und / hora] | Unidades promedio en cada línea [und / hora] | Distancia equivalente recorrida [metros] | Velocidad estimada [m / seg] |
|---------------------------|---------|--------------------|---|--|--|------------------------------|
| 5000 | 10 | 0.413 | 12107 | 3027 | 384 | 0.11 |
| | 12 | 0.336 | 14881 | 3720 | 472 | 0.13 |
| | 14 | 0.286 | 17483 | 4371 | 555 | 0.15 |
| | 16 | 0.251 | 19920 | 4980 | 632 | 0.18 |
| | 18 | 0.223 | 22422 | 5605 | 712 | 0.20 |
| | 20 | 0.201 | 24876 | 6219 | 790 | 0.22 |

3.5.2 Selección de cadenas

Para el diseño del transportador se usa cadenas de rodillos para transmisión según norma ISO 606 con aditamentos K1 dobles, como se puede verificar en la Figura 3.6. Se selecciona cadenas debido a que sus variantes constructivas que se adapta al uso de rodillos especialmente diseñados para esta aplicación. Adicionalmente cuenta con una elevada resistencia a la tracción frente a otro tipo de transmisiones.

Sobre las aletas de estas cadenas, se instalará unos rodillos especialmente diseñados para poder alojar una palta sobre la parte cóncava de dos de estos rodillos. De esta manera se asegura la correcta ubicación de la palta para su rotación y desplazamiento. Estos rodillos consisten en un eje de acero y dos rodillos cónicos. La distancia entre rodillos será de 10 pasos de cadena, siendo el paso de la cadena de 1/2" pulgada (12.7 milímetros). De modo que la longitud de la cadena en pasos, tiene que ser múltiplo de 10, y tener la longitud suficiente para alcanzar todo el recorrido del bastidor de la máquina.



Figura 3.10: a) Cadenas ISO 606 con aletas K1. b) Disposición de cadenas con rodillos de y paltas.

La selección de las cadenas se realiza para que pueda soportar un límite establecido de carga con factor de seguridad adecuado, adicionalmente la presión ejercida sobre los rodillos de las cadenas debe ser adecuada para tener una vida útil efectiva para su funcionamiento. La selección de las cadenas se realiza de acuerdo al catálogo de selección y guía de diseñador del fabricante Renold (Ver Anexo B). La tensión aplicada en la cadena se ve influenciada por diferentes factores como el peso de las paltas, el peso de los aditamentos, la fricción generada durante el desplazamiento y el mismo peso de las cadenas.

Primero calcularemos el factor general de la fricción que abarca la fricción entre el rodillo y la superficie de rodadura, y la fricción entre el rodillo y su propio eje. Finalmente con estos factores y la carga que transporta la cadena se calculará la tensión requerida para el desplazamiento, para finalmente calcular la potencia requerida que se debe aplicar al eje. La Ecuación 01 muestra la expresión general

para el cálculo del coeficiente general de fricción, extraída del manual del diseñador de Renold.

Coeficiente general de fricción μ_c :

$$\mu_c = \frac{1,9 + 0,15 \times \text{Roller bore (mm)}}{\text{Roller diameter (mm)}}$$

[Ecuación 01]

$$\mu_c = \frac{1,9 + 0,15 \times 10 \text{ (mm)}}{100 \text{ (mm)}}$$

$$\mu_c = 0,034$$

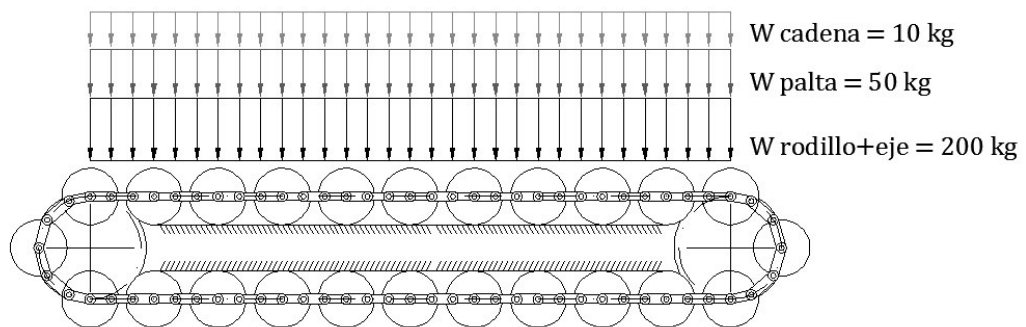


Figura 3.11: Distribución de pesos sobre la cadena

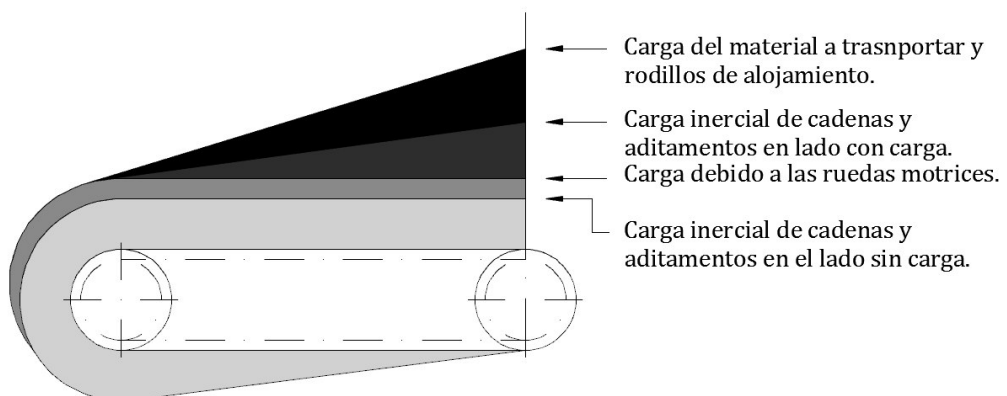


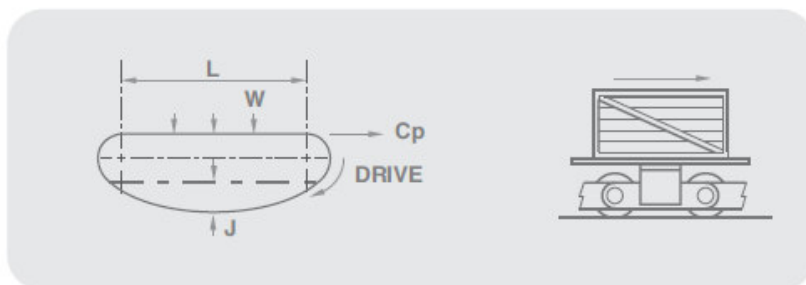
Figura 3.12: Distribución de tensiones en la cadena

- Carga de tensión total aplicada a la cadena:

Para el cálculo de la tensión "C_P" aplicada a la cadena debido a la carga, se usará la expresión de la Figura 3.9, al igual que la expresión "K" para calcular la potencia. Esta expresión es extraída del manual del diseñador de Renold. La Ecuación 02 muestra la expresión de la tensión aplicada a una cadena con carga.

LAYOUT J

Chain rolling, material carried. Return strand unsupported.



$$C_p = 9.81 \left[\frac{1.05 (L^2 \times W_c + (W_c \times J))}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \text{ (N)}$$

$$K = 9.81 \left[\frac{0.05 (L^2 \times W_c + (W_c \times J))}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \times \frac{V}{1000} \text{ (kW)}$$

Figura 3.13: Formulación matemática para transporte de cargas - Renold:

$$C_p = 9.81 \left[1.05 \left(\frac{L^2 \times W_c}{8 \times J} + (W_c \times J) \right) + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \text{ (N)}$$

[Ecuación 02]

$$C_p = 9.81 \left[1.05 \left(\frac{6.25^2 \times 0.7}{8 \times 0.1} + (0.7 \times 0.1) \right) + (0.034 \times 0.7 \times 6.25) + (0.034 \times 260) \right] \text{ (N)}$$

$$C_p = 441 \text{ (N)}$$

Resolviendo la Ecuación 02, se pudo encontrar la tensión aplicada a cada una de las cadenas, ya que son cuatro cadenas, cada una de ellas en cada línea de selección. La tensión resultante aplicada a cada cadena es de 441 Newton. La cadena que hemos seleccionado para la aplicación es según norma ANSI/ISO 606 de tamaño 40-1, cuyo paso es de media pulgada (1/2") y con valor de resistencia a la tracción de 13900 Newton como se puede verificar en la Figura 3.10. El factor de seguridad recomendado por el fabricante Renold es de 8 o mayor, por lo que la cadena se encuentra bien seleccionada para la carga de tensión con la que trabajará.

| Renold Chain No. | ANSI Ref. | Pitch (inch) | Pitch (mm) | Inside Width | Roller Diam. | Plate Height | Plate Width Inner | Plate Width Outer | Pin Diam. | Pin Length | Conn. Link Extension | Transverse Pitch | ISO606 Tensile Strength (Newtons) | Weight kg/m |
|--------------------------------|-----------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------------------|------------------|-----------------------------------|-------------|
| | | | | MIN | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | NOM | MIN | |
| ANSI Standard - Simplex | | | | | | | | | | | | | | |
| | | A | A | B | C | D | E | F | G | H1 | J | K | | |
| 129037° | 35-1 | 0.375 | 9.525 | 4.68 | 5.08 | 8.60 | 1.29 | 1.29 | 3.59 | 12.0 | 1.7 | - | 7900 | 0.35 |
| 119047 | 40-1 | 0.500 | 12.700 | 7.85 | 7.92 | 11.20 | 1.55 | 1.55 | 3.97 | 16.4 | 2.1 | - | 13900 | 0.60 |
| 119057 | 50-1 | 0.625 | 15.875 | 9.40 | 10.16 | 14.60 | 2.04 | 2.04 | 5.08 | 20.4 | 2.7 | - | 21800 | 1.00 |
| 119067 | 60-1 | 0.750 | 19.050 | 12.57 | 11.91 | 17.50 | 2.45 | 2.45 | 5.94 | 25.3 | 2.6 | - | 31300 | 1.47 |
| 119087 | 80-1 | 1.000 | 25.400 | 15.75 | 15.88 | 24.13 | 3.25 | 3.25 | 7.94 | 32.7 | 3.0 | - | 55600 | 2.80 |
| 119107 | 100-1 | 1.250 | 31.750 | 18.90 | 19.05 | 30.17 | 4.06 | 4.06 | 9.54 | 39.7 | 4.2 | - | 87000 | 4.20 |
| 119127 | 120-1 | 1.500 | 38.100 | 25.23 | 22.23 | 36.20 | 4.80 | 4.80 | 11.11 | 49.3 | 5.3 | - | 125000 | 5.70 |
| 119147 | 140-1 | 1.750 | 44.450 | 25.23 | 25.40 | 42.23 | 5.61 | 5.61 | 12.71 | 52.9 | 5.2 | - | 170000 | 7.80 |
| 119167 | 160-1 | 2.000 | 50.800 | 31.55 | 28.58 | 48.26 | 6.35 | 6.35 | 14.29 | 63.1 | 6.5 | - | 223000 | 10.40 |

Figura 3.14: Tabla de dimensiones de cadenas ANSI

- Potencia requerida para cada línea de selección:

La potencia requerida para generar movimiento en el eje motriz de la máquina por cada cadena, es decir por cada línea, se calcula de acuerdo a la expresión de la Ecuación 03, extraída del manual del diseñador Renold. Luego este valor se multiplica por las 4 líneas de selección existentes.

$$K = 9.81 \left[1.05 \left(\frac{L^2 \times W_c}{8 \times J} + (W_c \times J) \right) + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \times \frac{V}{1000} \text{ (kW)}$$

[Ecuación 03]

$$K = 441 \times \frac{0.25}{1000} \text{ (kW)}$$

$$K = 0.11 \text{ (kW)}$$

- Potencia total requerida en el eje de transmisión:

La potencia total requerida para el accionamiento del transportador es 4 veces la potencia requerida para el accionamiento de cada línea. Con esto, la potencia total requerida con un factor de seguridad de 2, resultaría de acuerdo a lo expresado en en la Ecuación 04.

$$K_{TOTAL} = F.S. 4 \times K \text{ (kW)}$$

[Ecuación 04]

$$K_{TOTAL} = 2 \times 4 \times 0.11 \text{ (kW)}$$

$$K_{TOTAL} = 0.88 \text{ (kW)}$$

- Longitud de cadena, ruedas de transmisión y velocidad de giro

Para seleccionar la longitud de la cadena es necesario que esta cumpla con dos parámetros principales. Es necesario que el número de eslabones sea múltiplo de 10, ya que la separación entre rodillos es de 10 eslabones y que se adecúe a la longitud requerida de la distancia entre ejes. Es importante mencionar, que la selección del paso de la cadena (1/2"), ha sido seleccionada tras un proceso iterativo y gráfico para poder encontrar las dimensiones adecuadas de separación entre rodillos y que este espacio entre rodillos sea adecuado para crear un alojamiento adecuado para las paltas. Finalmente la longitud seleccionada de cadena es de 1060 eslabones, para cada cadena.

La selección de las ruedas de transmisión se realizó de manera gráfica para poder cumplir principalmente un requerimiento dimensional. Es necesario que la rueda de la cadena tenga un diámetro primitivo de aproximadamente 180 milímetros, ya que los requerimientos geométricos de la máquina así lo demandan. Con esto, el número de dientes seleccionados para las ruedas es de 45.

La velocidad de giro del eje de transmisión es determinada en base a la velocidad lineal requerida para el transporte de las paltas. La velocidad lineal de desplazamiento de las paltas es de 0.25 metros por segundo. Con este valor la velocidad de giro requerida se calcula de acuerdo a la expresión de la Ecuación 05.

$$v = \frac{\varnothing_{rueda}}{2} \times \frac{n}{9.55} \text{ (m/seg)}$$

[Ecuación 05]

$$0.25 = \frac{0.181}{2} \times \frac{n}{9.55} \text{ (m/seg)}$$

$$n = \frac{9.55 \times 2 \times 0.25}{0.181} \text{ (RPM)}$$

$$n = 27 \text{ (RPM)}$$

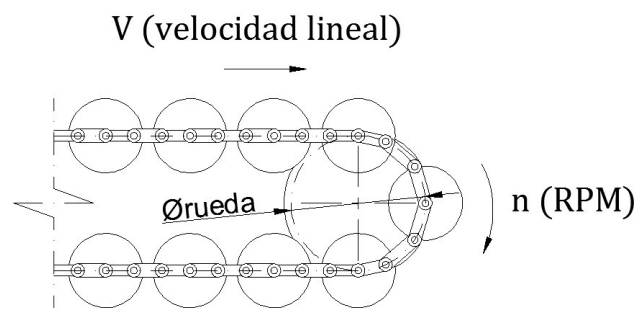


Figura 3.15: Representación del movimiento de traslación de las cadenas

3.5.3 Selección de motoreductor

La función del motoreductor es de reducir la velocidad de giro suministrado por el motor eléctrico de 4 polos usualmente, que gira a 1750 rpm aproximadamente, para obtener una velocidad de giro menor. Adicionalmente una de funciones es la multiplicar el torque generado. Para la aplicación que actualmente estamos desarrollando, la selección obedece únicamente a la reducción de velocidad, no a la multiplicación de torque, ya que la solicitud de torque es mínima.

Los datos principales para la selección del reductor son:

- Ratio de reducción: $1750/27=64.8$
- Potencia requerida: 0.88 kW

La selección se realiza con ayuda del software de selección de motoreductores Drivegate de la empresa SEW EURODRIVE. Los datos de selección son principalmente la potencia y la velocidad final requerida para poder determinar el tamaño de reductor requerido. Adicionalmente se debe ingresar datos de las variantes de montaje requeridas para la aplicación.

Driveconfigurator **K47DRS80M4** Opciones del usuario

◀ Volver | Siguiente ▶ | Inicio | **1. Búsqueda** | 2. Variantes | 3. Opciones | 4. Resultado | 5. Añadir a la oferta ▶

Búsqueda

Diseño del reductor: K = reductor cónico

Tipo motor: Motor DR.. AC

País de uso: Otros países (IEC 60 Hz)

Potencia del motor P [kW]: 1

Par Ma [Nm]: /

Velocidad de salida na [1/min]: 28

Factor de servicio fB: 1,1

Clase con eficiencia internacional (IE): IE1 - Eficiencia estándar

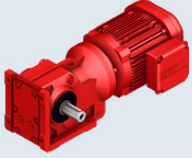
Nº de polos: 4 polos

Factor de duración: S1-100%

Diseño para motores asépticos:

Velocidades de salida bajas especiales:

Operación de convertidor de frecuencia



Resultados de la búsqueda

| Denominación | Clase eficiente | P [kW] | na [1/min] | Ma [Nm] | i | fB | na2 [1/min] | Factor con duración cíclica |
|----------------------------|-----------------|--------|------------|---------|-------|------|-------------|-----------------------------|
| K47DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 27 | 385 | 63,3 | 1,05 | 1725 | S1-100% |
| K47DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 30 | 345 | 56,83 | 1,15 | 1725 | S1-100% |
| K49DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 29 | 365 | 60,27 | 1,35 | 1725 | S1-100% |
| K47DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 25 | 425 | 69,84 | 0,95 | 1725 | S1-100% |
| K57DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 28 | 370 | 60,81 | 1,6 | 1725 | S1-100% |
| K57DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 25 | 420 | 69,12 | 1,4 | 1725 | S1-100% |
| K39DRS80M4 | IE1 | 1,1 | 35 | 300 | 49,69 | 1 | 1725 | S1-100% |

Figura 3.16: Vista del software de selección Drivegate



Figura 3.17: Vista isométrica del motoreductor seleccionado

El motoreductor finalmente seleccionado, nos da como resultado el modelo de engranajes cónicos KA47-TDRS80M4 con los siguientes parámetros de trabajo, cuya información técnica puede verificarse en el Anexo C:

- Velocidad nominal de motor [rpm] :1750
- Velocidad de salida [rpm] :30
- Torque de salida [Nm] :345
- Factor de servicio :1.15
- Potencia del motor [kW] :1.1
- Peso [kg] :30

3.5.4 Eje de transmisión

La carga aplicada al eje se debe principalmente al toque que se genera en el motoreductor y la carga de los pesos aplicados en ellos. Con estos datos se podrá realizar un diagrama de cuerpo libre para finalmente dimensionar los diámetros de las diferentes secciones en el eje.

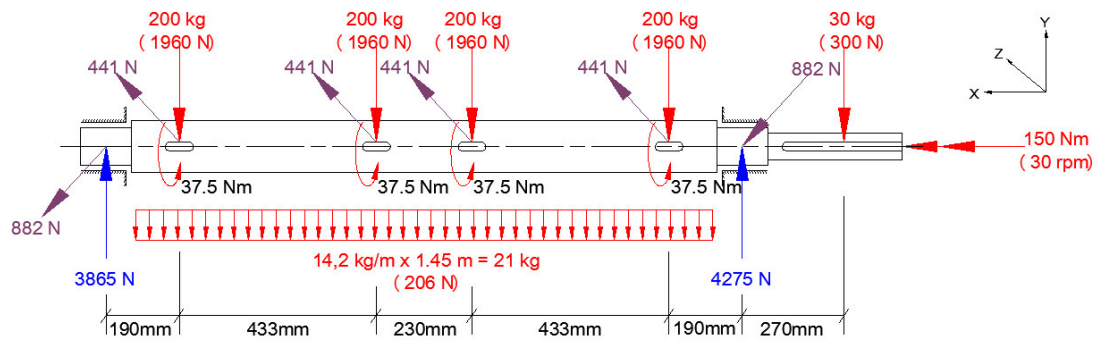


Figura 3.18: Distribución de cargas sobre el eje

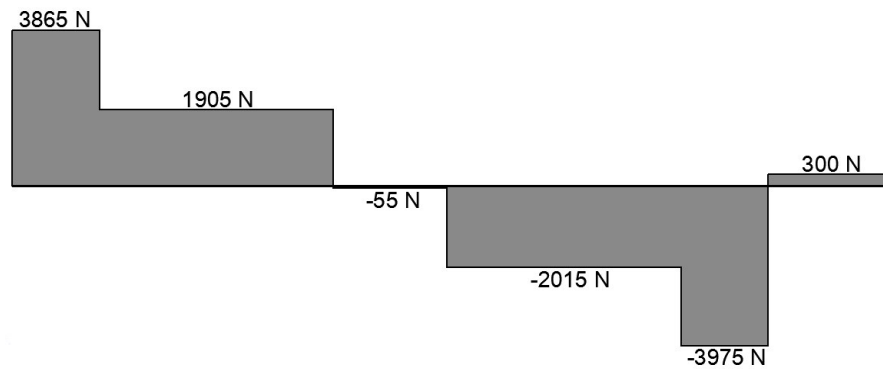


Figura 3.19 Diagrama de fuerza cortante en el plano XY

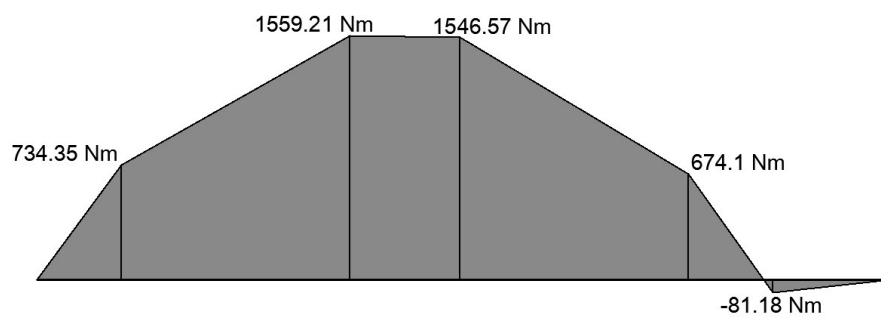


Figura 3.20: Diagrama de momento flector en el plano XY

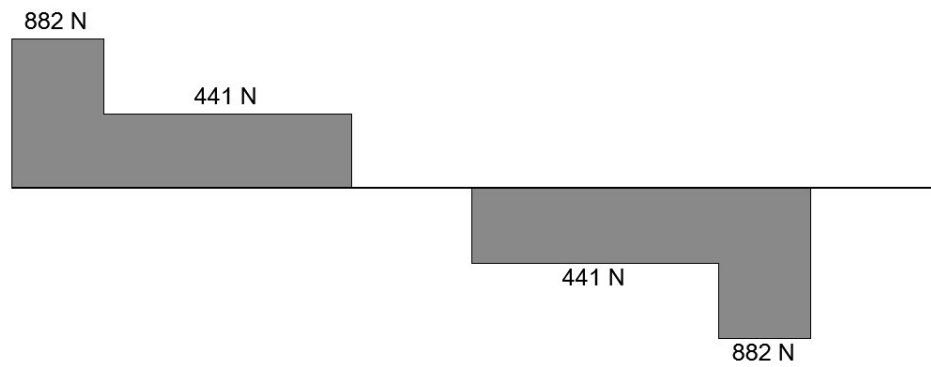


Figura 3.21: Diagrama de fuerza cortante en el plano XZ

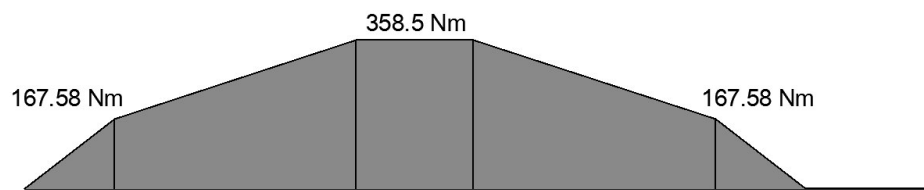


Figura 3.22: Diagrama de momento flector en el plano XZ

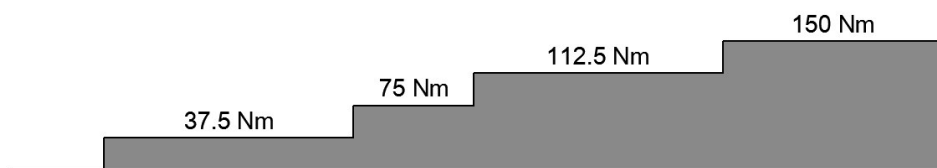


Figura 3.23: Diagrama de momento torsor

Luego de observar las secciones donde se presenta una mayor concentración de cargas, se analizan las secciones críticas.

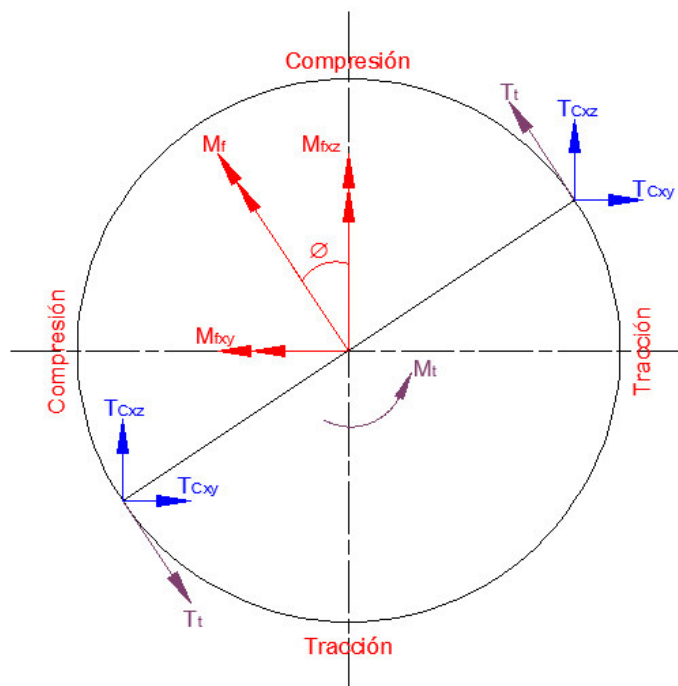


Figura 3.24: Efectos combinados de las cargas en las diferentes secciones

M_f : Momento flector total

$M_{f_{xz}}$: Momento flector en el plano XZ

$M_{f_{xy}}$: Momento flector en el plano XY

M_t : Momento torsor

τ_t : Esfuerzo cortante torsor

τ_{cxz} : Esfuerzo cortante en el plano XZ

τ_{cxy} : Esfuerzo cortante en el plano XY

SECCIÓN 1:

Momento flector XY: 1559.21 Nm

Momento flector XZ: 441 Nm

Momento flector resultante:

$$M_f = \sqrt{M_{f_{xz}}^2 + M_{f_{xy}}^2} = \sqrt{441^2 + 1559.21^2} = 1620.4 \text{ Nm}$$

[Ecuación 06]

Esfuerzo flector:

$$\sigma_f = \frac{32M_f}{\pi \times d^3} = \frac{32 \times 1620400}{\pi \times 68^3} = 52.5 \text{ MPa}$$

[Ecuación 07]

Angulo formado por los momentos flectores:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{441}{1559.21}$$

$$\phi = 15.8^\circ$$

Fuerza cortante XY: 1905 N

$$\tau_{c_{xy}} = \frac{4F_{c_{xy}}}{\pi d^2} = \frac{4 \times 1905}{\pi \times 68^2} = 0.5 \text{ MPa}$$

[Ecuación 08]

Fuerza cortante XZ: 358.5 N

$$\tau_{c_{xz}} = \frac{4F_{c_{xz}}}{\pi d^2} = \frac{4 \times 358.5}{\pi \times 68^2} = 0.1 \text{ MPa}$$

[Ecuación 09]

Momento torsor: 112.5Nm

$$\tau_t = \frac{16M_t}{\pi d^3} = \frac{16 \times 112.5}{\pi \times 68^3} = 1.9 \text{ MPa}$$

[Ecuación 10]

Esfuerzo cortante total:

$$\tau = \sqrt{(\tau_t + \tau_{c_{xz}} \cos \phi - \tau_{c_{xy}} \sin \phi)^2 + (\tau_{c_{xz}} \sin \phi + \tau_{c_{xy}} \cos \phi)^2}$$

[Ecuación 11]

$$\tau = \sqrt{(1.9 + 0.1 \cos 15.8 - 0.5 \sin 15.8)^2 + (0.1 \sin 15.8 + 0.5 \cos 15.8)^2}$$

$$\tau = 1.95 \text{ MPa}$$

Esfuerzo equivalente de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = \sqrt{(52.5^2 + 3 \times 1.95^2)} = 52.6 \text{ MPa}$$

[Ecuación 12]

Factor de seguridad por resistencia:

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_F} = \frac{52.6 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} = 7.42$$

Resistencia a la fatiga:

Esfuerzo alternante:

$$\sigma_{f_{alt}} = 52.5 \text{ MPa}$$

Esfuerzo medio:

$$\sigma_{f_m} = 0 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la resistencia a la fatiga:

- Rugosidad $R_t=10 \mu\text{m}$ y resistencia a la rotura $\sigma_B = 650 \text{ MPa}$: $C_s=0.9$
- Esfuerzo de flexión con diámetro 68 mm: $C_t=0.65$
- Temperatura ambiente de 20°C aproximadamente: $C_{temp}=1$
- Esfuerzo de flexión: $C_{carga}=1$
- Confiabilidad: $C_c=1$
- Concentración de esfuerzos por chaveta: $\beta_k=2.4$

Esfuerzo alternante aumentado por factores de fatiga:

$$\sigma_{f_{alt}}' = \left(\frac{\beta}{c_s c_t c_{temp} c_{carg} c_c} \right) \sigma_{f_{alt}}$$

$$\sigma_{f_{alt}}' = \left(\frac{2.4}{0.9 \times 0.65 \times 1 \times 1 \times 1} \right) 52.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{alt}}' = 4.1 \times 52.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{alt}}' = 215.4 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad a la fatiga:

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_{f_m}}{\sigma_B} + \frac{\sigma_{f_{alt}}'}{\sigma_{ALT}}$$

Donde σ_{ALT} es la resistencia del acero Ck45 a las cargas alternantes y cuyo valor es 350MPa.

$$\frac{1}{FS} = \frac{0}{650 \text{ MPa}} + \frac{215.4 \text{ MPa}}{350 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1.62$$

Con un factor de seguridad por a la resistencia mecánica de 7.42 y con un factor de seguridad de 1.62 a la fatiga, se puede concluir que el eje no fallará en servicio.

SECCIÓN 2:

Momento flector XY: 1546.57 Nm

Momento flector XZ: 441 Nm

Momento flector resultante:

$$M_f = \sqrt{M_{f_{xz}}^2 + M_{f_{xy}}^2} = \sqrt{441^2 + 1546.57^2} = 1608.2 \text{ Nm}$$

[Ecuación 13]

Esfuerzo flector:

$$\sigma_f = \frac{32M_f}{\pi \times d^3} = \frac{32 \times 1608200}{\pi \times 68^3} = 52.1 \text{ MPa}$$

[Ecuación 14]

Angulo formado por los momentos flectores:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{441}{1546.57}$$

[Ecuación 15]

$$\phi = 15.9^\circ$$

Fuerza cortante XY: 2015 N

$$\tau_{c_{xy}} = \frac{4F_{c_{xy}}}{\pi d^2} = \frac{4 \times 2015}{\pi \times 68^2} = 0.6 \text{ MPa}$$

[Ecuación 16]

Fuerza cortante XZ: 358.5 N

$$\tau_{c_{xz}} = \frac{4F_{c_{xz}}}{\pi d^2} = \frac{4 \times 358.5}{\pi \times 68^2} = 0.1 \text{ MPa}$$

[Ecuación 17]

Momento torsor: 112.5Nm

$$\tau_t = \frac{16M_t}{\pi d^3} = \frac{16 \times 112.5}{\pi \times 68^3} = 1.9 \text{ MPa}$$

[Ecuación 18]

Esfuerzo cortante total:

$$\tau = \sqrt{(\tau_t + \tau_{c_{xz}} \cos \phi - \tau_{c_{xy}} \sin \phi)^2 + (\tau_{c_{xz}} \sin \phi + \tau_{c_{xy}} \cos \phi)^2}$$

[Ecuación 19]

$$\tau = \sqrt{(1.9 + 0.1 \cos 15.8 - 0.6 \sin 15.8)^2 + (0.1 \sin 15.8 + 0.6 \cos 15.8)^2}$$

$$\tau = 1.95 \text{ MPa}$$

Esfuerzo equivalente de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = \sqrt{(52.1^2 + 3 \times 1.95^2)} = 52.2 \text{ MPa}$$

[Ecuación 20]

Factor de seguridad por resistencia:

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_F} = \frac{52.2 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} = 7.47$$

[Ecuación 21]

Resistencia a la fatiga:

Esfuerzo alternante:

$$\sigma_{f_{alt}} = 52.2 \text{ MPa}$$

Esfuerzo medio:

$$\sigma_{f_m} = 0 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la resistencia a la fatiga:

- Rugosidad $R_t=10 \mu\text{m}$ y resistencia a la rotura $\sigma_B = 650 \text{ MPa}$: $C_s=0.9$
- Esfuerzo de flexión con diámetro 68 mm: $C_t=0.65$
- Temperatura ambiente de 20°C aproximadamente: $C_{temp}=1$
- Esfuerzo de flexión: $C_{carga}=1$
- Confiabilidad: $C_c=1$
- Concentración de esfuerzos por chaveta: $\beta_k=2.4$

Esfuerzo alternante aumentado por factores de fatiga:

$$\sigma_{f_{alt}}' = \left(\frac{\beta}{C_s C_t C_{temp} C_{carga} C_c} \right) \sigma_{f_{alt}}$$

[Ecuación 22]

$$\sigma_{f_{alt}}' = \left(\frac{2.4}{0.9 \times 0.65 \times 1 \times 1 \times 1} \right) 52.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{alt}}' = 4.1 \times 52.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{alt}}' = 214 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad a la fatiga:

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_{f_m}}{\sigma_B} + \frac{\sigma_{f_{alt}}'}{\sigma_{ALT}}$$

[Ecuación 23]

Donde σ_{ALT} es la resistencia del acero Ck45 a las cargas alternantes y cuyo valor es 350MPa.

$$\frac{1}{FS} = \frac{0}{650 \text{ MPa}} + \frac{215.4 \text{ MPa}}{350 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1.62$$

Con un factor de seguridad por a la resistencia mecánica de 7.47 y con un factor de seguridad de 1.62 a la fatiga, se puede concluir que el eje no fallará en servicio.

3.5.5 Bandeja de descarga y rodillos transportadores

La bandeja de descarga en conjunto con los rodillos cumplen una función fundamental previa al proceso de selección de selección de las paltas, ya que estos componentes aseguran una adecuada alineación de las paltas dentro del transportador. El objetivo principal es de alinear el eje longitud de las paltas de forma perpendicular a la dirección de desplazamiento, como se puede apreciar en la Figura 3.21. Esta forma de ubicación de las paltas asegura una adecuada captura de imágenes en la cabina de observación. Adicionalmente, con la disposición de las paltas de forma horizontal y perpendicular al avance, se logra hacer girar las paltas sobre su eje longitudinal. Con esto se logra captar imágenes de toda la superficie de la palta para poder inspeccionar toda su superficie.

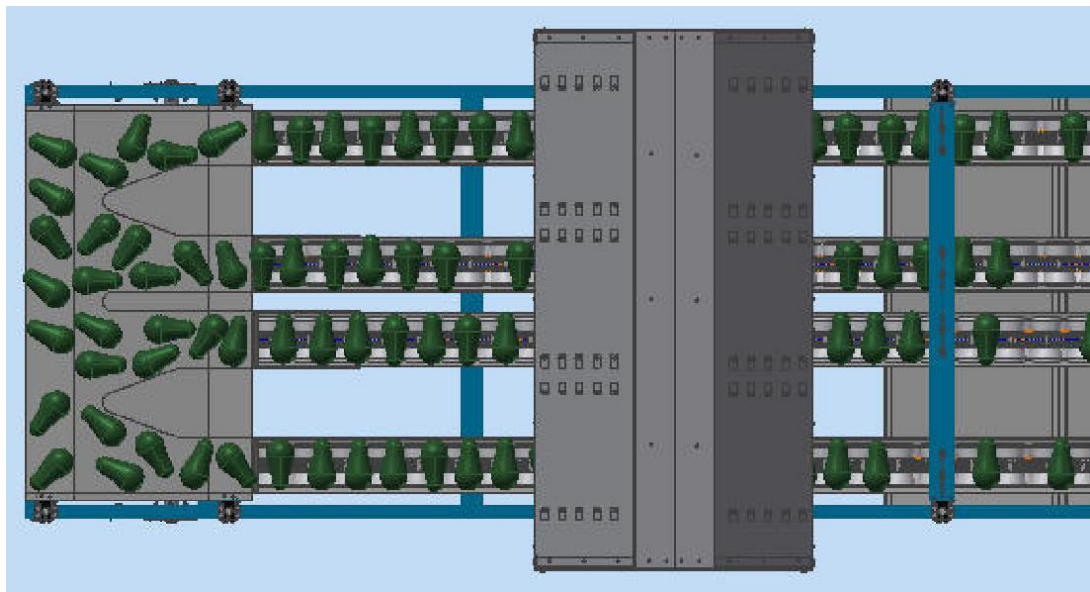


Figura 3.25: Vista superior de las cuatro líneas de selección

La forma y dimensiones de la bandeja y rodillos se determinaron de manera gráfica. Se realizó una simulación tridimensional de las paltas y con esto se logró determinar el tamaño adecuado de la bandeja y de los rodillos para lograr el objetivo de alinear las paltas dentro de las líneas de selección. Seguidamente trasladarlas y rotarlas para una adecuada captura de imágenes.

La bandeja de alimentación será fabricada en planchas de acero inoxidable ASTM A240 Grado 304 acabado 2B de 1 milímetro de espesor. Este material es adecuado cuando se requiere partes metálicas en contacto con alimentos. La disposición geométrica es de tal forma que permite distribuir las paltas en cuatro líneas de producción como se puede verificar en la Figura 3.22. En general todos los componentes metálicos que están en contacto con las paltas o que puedan estarlo son fabricados en acero inoxidable para evitar la contaminación de las paltas. Estos componentes pueden ser fácilmente lavados con agua y algún material desinfectante de baja toxicidad como el hipoclorito de sodio, conocido normalmente como cloro.

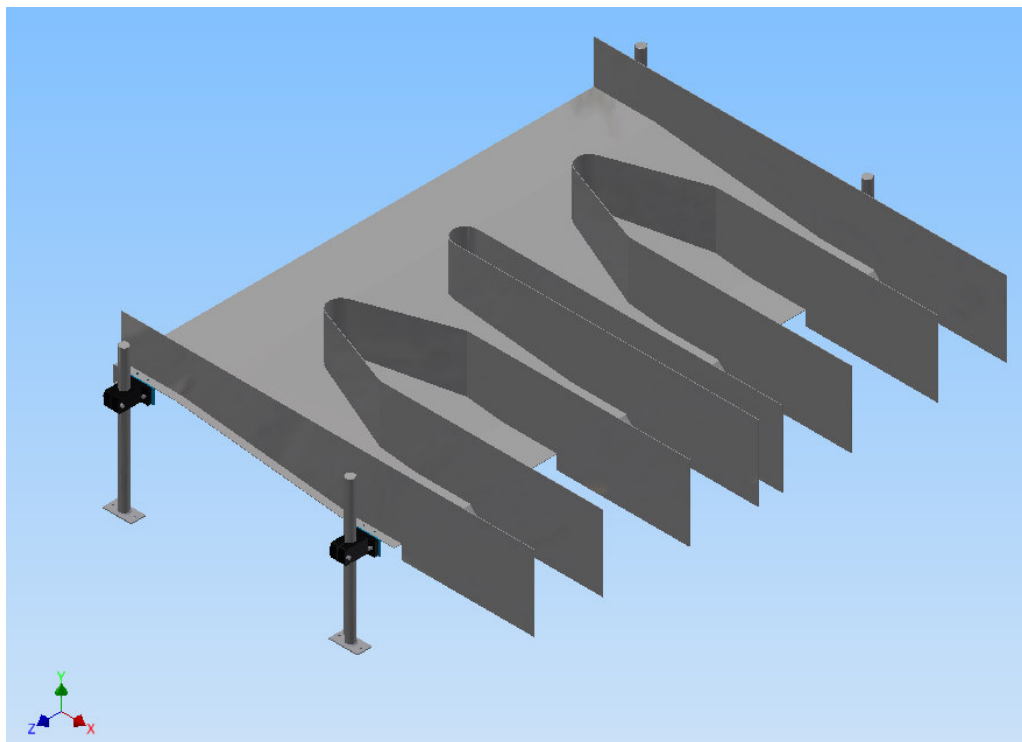


Figura 3.26: Bandeja de descarga

El rodillo está diseñado de tal forma que una pequeña superficie del rodillo este en contacto con la guía de rodadura. De esta forma la superficie que estará en contacto con la palta nunca estará en contacto con ningún otro componente, y de esta forma no se contaminarán las paltas, ya que no estarán en contacto con ningún otro componente, como se puede ver en la Figura 3.23. El material de los rodillos es Polióxido de metileno (POM), también conocido como *poliacetal*. Es un termoplástico cristalino de alta rigidez, que posee una excelente resistencia a la abrasión y un buen acabado superficial, que puede tener un acabado pulido y muy brillante. La superficie lisa y con poca rugosidad ayuda a que no se almacenen

partículas contaminantes que posteriormente contaminen las paltas. Su color natural es blanco, lo cual ayuda a generar un contraste con el color de las paltas, lo cual ayuda de gran manera en la captura y procesamiento de imágenes. Su nombre más comercial es Delrin.

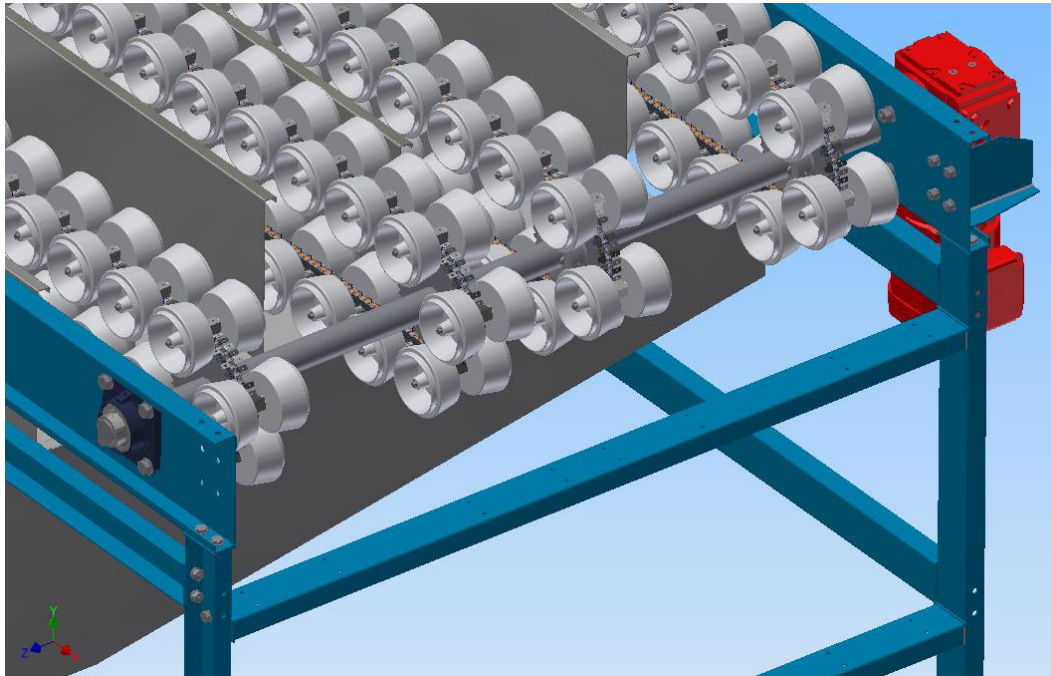


Figura 3.27: Vista referencial del rodillo en funcionamiento

3.5.6 Bastidor

La estructura metálica sobre la cual se fabricará la máquina será fabricada en acero estructural ASTM A36. El diseño del bastidor obedece únicamente a un aspecto funcional del transportador, más no estructural, ya que no está sometido a cargas considerables que puedan comprometer la resistencia o estabilidad de la máquina. En la Figura 3.24 se puede apreciar una vista del bastidor conformado por perfiles fabricados en plancha de acero estructural de 3 milímetros de espesor. Debido a que la máquina puede estar sometida a salpicaduras permanentes de agua, es necesario aplicar varias capas de pintura anticorrosiva y de un tono adecuado para brindar una apariencia estéticamente adecuada. Para el ensamble del bastidor se pensó en usar uniones atornilladas y no uniones soldadas. Esto permite una facilidad en el transporte, ensamblaje y modificaciones requeridas durante el comisionado. Los pernos utilizados son de dimensiones métricas en milímetros bajo norma DIN 934, los cuales deberán ser adecuadamente torqueados para evitar las fuertes vibraciones durante el funcionamiento.

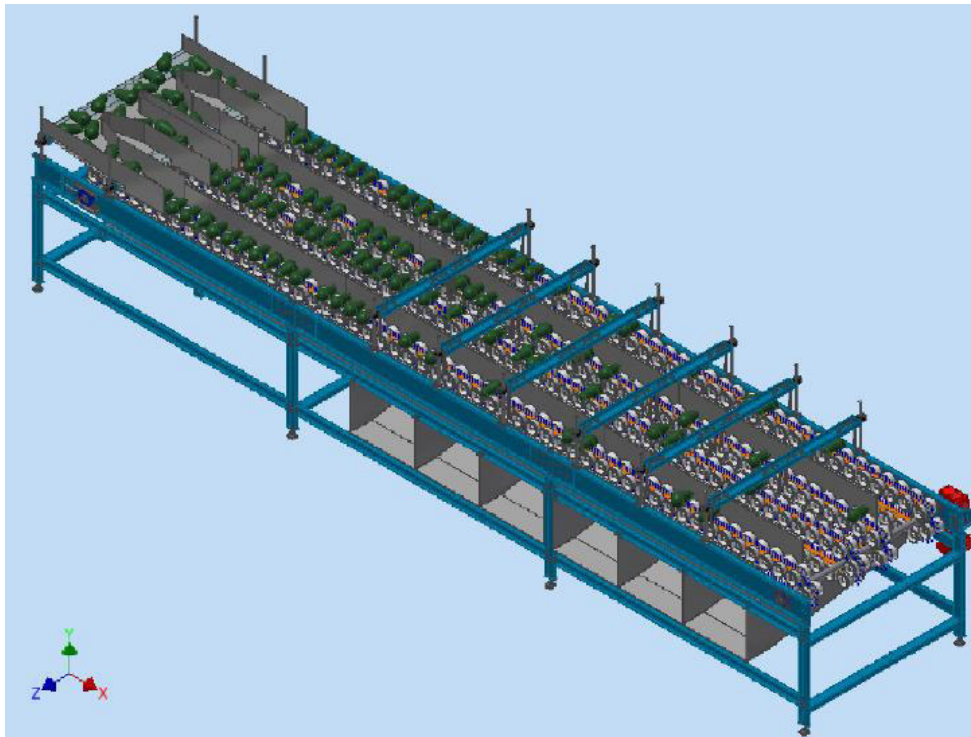


Figura 3.28: Vista isométrica del bastidor de la máquina

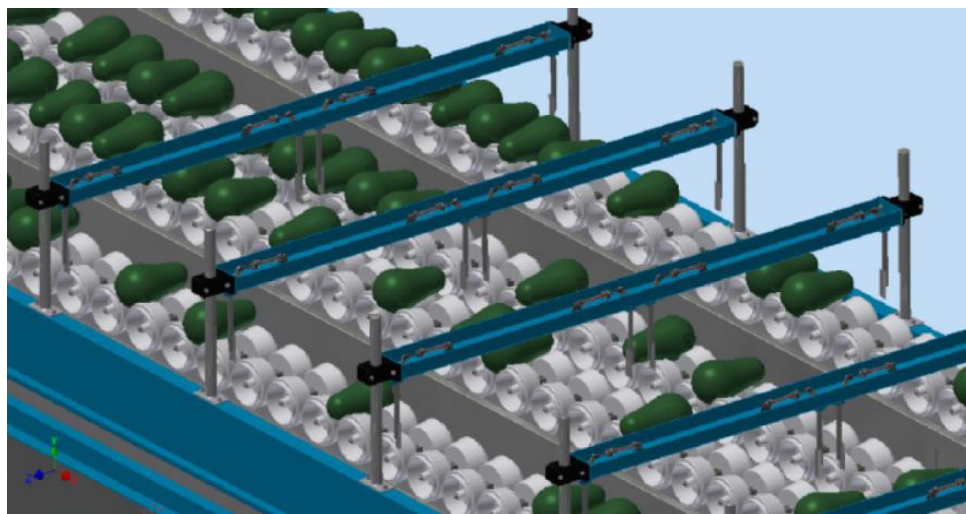


Figura 3.29: Vista en detalle de los seleccionadores

3.6 Automatización del sistema

Una de las exigencias para el diseño de la máquina seleccionadora de patatas, es que el proceso de reconocimiento de tamaños y formas, así como la selección por calibres sea totalmente automatizado. Para ello es necesario implementar una serie de sensores, actuadores y procesadores digitales. Todos estos componentes de instrumentación harán posible la selección automatizada de patatas. En la Figura 3.26 se puede observar de manera esquemática los componentes involucrados en el sistema automático de selección.

El proceso de selección se inicia cuando la cámara capta imágenes de las patatas que son trasladadas por la faja transportadora dentro de la cabina de observación. Seguidamente el procesador de imágenes determina el calibre al que corresponde cada patata. Cuando se determina el calibre de cada patata, un segundo procesador recibe una señal con la información del calibre correspondiente. El segundo procesador controla el accionamiento de los cilindros neumáticos. Este manda una señal de acción a los cilindros neumáticos después de un tiempo adecuado de retardo que depende del tamaño de calibre y de la distancia desde la cabina de observación. Se calcula el tiempo adecuado de retardo que debe tener cada actuador para realizar la acción, por medio de un encoder montado en el eje.

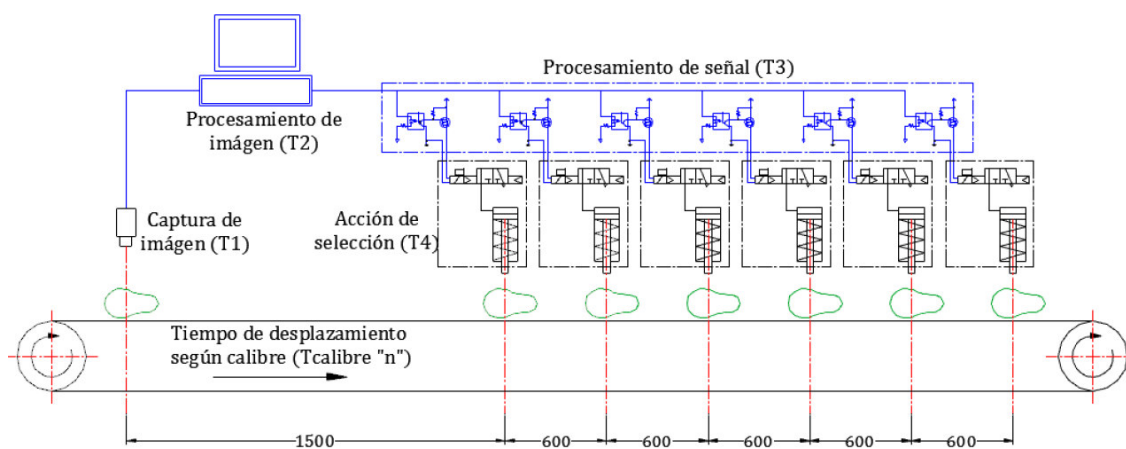


Figura 3.30: Vista esquemática del plan de automatización

Se conoce que son 6 calibres de paltas los que se van a seleccionar. De manera consecuente serán seis tiempos de retardo los que se determinarán. Es decir que en un primer instante la cámara captura una imagen y luego de procesar la imagen el procesador enviará una señal al actuador correspondiente con un tiempo de retardo adecuado. La ecuación que describe el tiempo de selección para cada calibre de palta se puede expresar a través de la siguiente ecuación:

$$T_k = \frac{d}{v}$$

[Ecuación 13]

Donde:

K=número de calibre deseado

d=distancia hasta el actuador correspondiente según calibre

v=velocidad de avance de la faja y transportadora

$$T_k = T_1 + T_2 + T_{delay_k} + T_3 + T_4$$

[Ecuación 14]

Donde:

T1: Tiempo de captura de imagen [cámara]

Al ser la cámara de 60 FPS (frames por segundo), el tiempo de captura de imagen es de 0.0167 segundos.

T2: Tiempo de procesamiento de imagen [Jetson Tk1 - Arduino Due]

Como se verá más adelante el embebido Jetson Tk1 cuenta con un procesador Quad-core de 2.3GHz para el procesamiento de las imágenes. Mientras el Arduino Due cuenta con una capacidad de procesamiento de 84MHz para el accionamiento de los actuadores. Debido a su elevada frecuencia de procesamiento, el tiempo T2 se puede aproximar a cero (0).

T_{delay-k}: Tiempo de retraso deseado para alcanzar el actuador según calibre
[Programado en Jetson Tk1]

Este valor es una variable a determinar, el cual también será calibrado durante la puesta en operación.

T3: Tiempo de procesamiento de señal

[Tarjeta electrónica: Optoacoplador y solenoide]

Según hojas de datos este tiempo puede variar entre 5 y 250 milisegundos, en promedio obtenemos un valor de 125 milisegundos.

T4: Tiempo de acción de selección [Válvula y cilindro neumático]

Según hojas de datos técnicos, el tiempo de respuesta es de 100 milisegundos aproximadamente.

3.6.1 Instrumentos electrónicos

Como se mencionó anteriormente, se desea automatizar el proceso de selección de paltas mediante un proceso digitalizado de captura y evaluación de imágenes. Para ello es necesario contar con una adecuada selección de los componentes electrónicos con la finalidad de desarrollar una adecuada filosofía de control. A continuación se describe cada uno de los componentes electrónicos involucrados en el proceso de selección automatizada de paltas.

- Cámara

La cámara de contar con una velocidad mínima de captura de imágenes de 60 imágenes por segundos. Actualmente es muy común encontrar cámaras con dicha velocidad de captura de imágenes e incluso superiores. Adicionalmente es necesario que el tamaño de las imágenes capturadas en pixeles sea la adecuada para poder capturar un área de 1500 milímetros de ancho y 700 milímetros de largo desde una distancia aproximada de 700 milímetros.

La cámara seleccionada es la Flea 3 de la marca POINT GREY. Esta cámara cuenta con un protocolo de comunicación USB 3.0 con una velocidad de 5 Gbit por segundo de transmisión de datos. Cuenta adicionalmente con una variedad de sensores CMOS y CCD ultra compactos, y una resolución de 3.2 MP para una adecuada resolución de las imágenes capturadas. Mide tan solo 29 x 29 x 30 milímetros y cuenta con una forma cúbica como se puede ver en la Figura 3.27. En el Anexo D se puede ver el hoja informativa completa de la cámara.



Figura 3.31: Cámara FL3-U3-32S2C-CS

[<http://www.ptgrey.com/flea3-32-mp-color-usb3-vision-sony-imx036-camera>]

- Computador embebido Jetson Tk1 - Nvidia

Jetson TK1 es una plataforma de desarrollo de gran capacidad de procesamiento y especializado para el procesamiento de imágenes. Es una tarjeta de componentes electrónicos embebidos con una medida de 5 pulgadas de ancho y largo como se puede ver en la Figura 3.28. Cuenta con un CPU de cuatro núcleos de 2.3GHz ARM Cortex-A15 y el innovador GPU Tegra K1 desarrollado por Nvidia. Adicionalmente cuenta con múltiples puertos de comunicación USB, SATA, miniPCle entre otros. En el Anexo D se puede ver su hoja informativa completa.

La tarea principal del Jetson TK1, será la de procesar las imágenes capturadas por medio de algoritmos que deberán estar pre-instalados en su memoria, para finalmente determinar el tamaño correspondiente de cada palta. Seguidamente enviará la información del calibre correspondiente de cada palta hacia un segundo procesador, que en este caso es el Arduino Due. Este controlará el accionamiento de los actuadores neumáticos.

Se sabe que la velocidad de avance del transportador es de 250 milímetros por cada segundo transcurrido, y la separación de las paltas es de 127 milímetros. Esta información nos da una idea de que cada 0.5 segundos se estará seleccionando 4 paltas. Es decir cada 500 milisegundos se procesará una imagen en la cual se podrá ver 4 paltas, 1 de cada línea de procesamiento, y se seleccionará su calibre correspondiente. Para lograr esto es necesario que las cadenas estén correctamente alineadas, es decir que todos los rodillos formen una hilera adecuadamente centrada en su eje. Es necesario resaltar que todos los rodillos cuentan con un eje central de acero. Este eje se usará para detectar la presencia de los rodillos y consecuentemente de las paltas, por medio de un sensor inductivo de proximidad posicionado dentro del transportador. En la Figura 3.29, se puede ver una imagen del sensor inductivo seleccionado. En el Anexo D, se puede ver la ficha con las características técnicas del sensor.



Figura 3.32: Tarjeta Jetson TK1 de Nvidia



Figura 3.33: Sensor inductivo E2B de OMRON

[http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/e2b_d116-e1_1_5_csm1012652.pdf]

- Tarjeta microcontroladora Arduino Due

Como se mencionó anteriormente la tarjeta Jetson TK1 será la encargada de realizar el procesamiento de las imágenes y determinar a que calibre corresponde cada palta. Adicionalmente hay una etapa de post-procesamiento en la cual se debe realizar la ejecución de la acción de selección de las paltas, es decir de separarlas de la línea transportadora con ayuda de los cilindros neumáticos. Con la finalidad de no cargar esta tarea al Jetson TK1, es que se utiliza un procesador adicional. Este es el Arduino DUE. Este procesador nos recibirá 4 señales digitales cada 500 milisegundos aproximadamente, cuya información será el calibre correspondiente de cada palta. Luego el procesador usará un encoder para calcular la distancia desde la cabina de observación hasta la posición correspondiente al actuador de selección de acuerdo al calibre. En la Figura 3.31se puede ver una imagen de la tarjeta de procesamiento y el encoder.

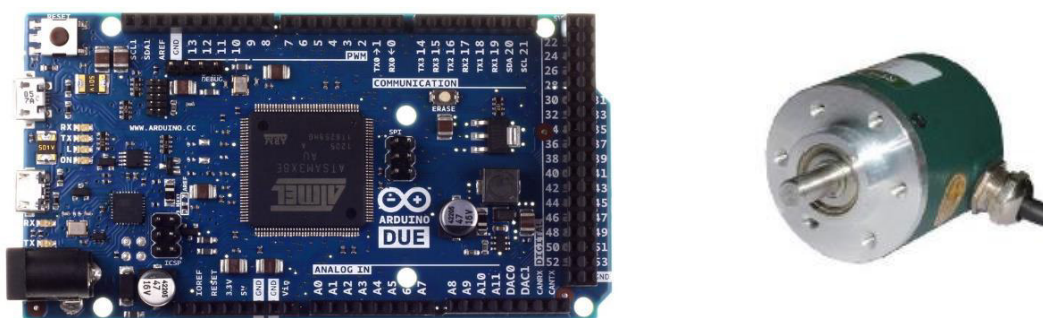


Figura 3.34: Arduino Due (izquierda) y Encoder HY 38 Series.

[<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue>]

[<http://www.toky.com.cn/msg.php?id=386&fid=18>]

3.6.2 Sistema electroneumático

Los componentes neumáticos aprovechan la energía acumulada en el aire presurizada. Lo más usual es trabajar con presiones que van desde los 5 Bar hasta los 10 Bar. El uso de actuadores neumáticos trae una serie de ventajas respecto al uso de otro tipo de actuadores eléctricos para la automatización de procesos. Uno de ellos es la ausencia de peligro en la generación de chispas, ya que al ser el aire el portador de energía, no hay riesgo de explosiones. Otra ventaja es que para actuadores del mismo tamaño, se puede generar mayores fuerzas y torques y con muy buena respuesta en tiempo de accionamiento. Adicionalmente se puede automatizar de una forma muy simple el accionamiento de los componentes neumáticos.

Para comprobar las ventajas del uso de actuadores neumáticos frente a actuadores eléctricos, se realizó una prueba muy simple. Esta prueba consiste en comparar el comportamiento del uso de un cilindro neumático y el uso de un pequeño servomotor de pasos con un costo de adquisición muy similar. Se requería ver cuál era el actuador adecuado para poder mover una palta la distancia necesaria por a poder separar una palta, es decir moverla una determinada distancia. Se comprobó que un pequeño cilindro neumático con un émbolo de 12 mm pudo mover fácilmente la palta, sin embargo, el pequeño servomotor no pudo generar el torque necesario para poder mover la palta. En importante resaltar que para poder obtener un servomotor capaz de generar un torque necesario para mover una palta, se requería un tamaño mucho mayor, de mayor peso y costo de adquisición.



Figura 3.35: Compresor de aire.

A continuación se describe los componentes electrohidráulicos que forman parte del automatismo de selección de paltas.

- Suministro de aire presurizado y unidad de mantenimiento

Para poder trabajar con actuadores neumáticos es necesaria la instalación de un compresor de aire, como se puede ver en la Figura 3.32, que permite la acumulación de aire presurizado. El compresor capta el aire atmosférico, el cual contiene impurezas en suspensión y una cierta cantidad de partículas de agua. Por este motivo, se requiere instalar la unidad de mantenimiento. La unidad de mantenimiento [Figura 3.33] es el componente que cuenta con un filtro, un lubricador y un regulador de la presión de entrada al sistema. El filtro es capaz de extraer las impurezas del aire, como partículas en suspensión, óxidos y humedad. El lubricador garantiza la lubricación de las piezas en donde hay contacto entre metales como las válvulas y cilindros. Y finalmente el regulador de presión permite mantener una presión de trabajo deseada a un valor constante.

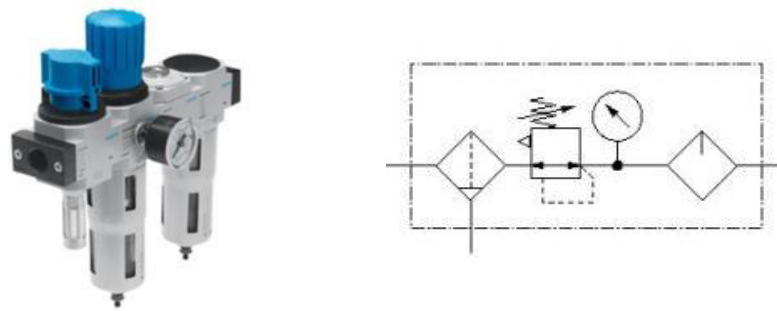


Figura 3.36: Unida de mantenimiento Filtro-Regulador-Lubricador FESTO (Izquierda). Símbolo según DIN ISO 1219 (Derecha).

- Electroválvulas de distribución 3/2

La electroválvula 3/2 se usa para controlar la distribución del flujo de aire hacia el cilindro neumático únicamente cuando sea requerido. El accionamiento de la electroválvula se realizará energizando el solenoide la válvula y cuenta con una posición estable normalmente cerrada.



Figura 3.37: Válvula VUVS 3/2 FESTO – Vista de explosión (Izquierda). Símbolo según DIN ISO 1219 (Derecha).

- Cilindros de simple efecto

Los cilindros neumáticos son los actuadores que realizarán la acción de separar las paltas de la línea transportadora, para ingresarlas en la bandeja de descarga de acuerdo a su calibre correspondiente. El cilindro que se usa en este diseño es un cilindro redondo con dimensiones de 12 milímetros de embolo, 8 milímetros de vástago y 50 milímetros de carrera. Estas dimensiones son suficientes para desarrollar una fuerza capaz de mover la palta y retirarla de la línea transportadora. La presión de trabajo no debe superar los 10 Bar.



Figura 3.38: Cilindro neumático de simple efecto FESTO (Izquierda).
Símbolo según DIN ISO 1219 (Derecha).

3.6.3 Diagrama de flujo

Ya que el automatismo que comanda la selección de las paltas es un sistema electrónico, es necesario programar un algoritmo que comande el funcionamiento de los sensores y actuadores de la máquina. El algoritmo que se debe programar abarca desde la adquisición de las imágenes con la cámara, el procesamiento de imágenes, selección de calibres y accionamiento de los actuadores. La programación se puede realizar en cualquiera de los lenguajes C, Assembler o C++, los cuales son compatibles con los procesadores usados del Jetson Tk1 y Arduino Due.

El objetivo principal en el cuál se basa el diseño de la máquina es la selección de paltas por calibres. En la Figura 3.36 se puede ver el diagrama de flujo a partir del cual se puede tener una base para realizar la programación del algoritmo para la automatización de la máquina.

Del diagrama de flujo presentado en la Figura 3.36, es importante aclarar que la detección de paltas se realizará indirectamente a través del uso de un sensor inductivo que detectará la presencia del eje de acero de los rodillos. Adicionalmente la selección de calibre de las paltas se realizará mediante el procesamiento de las imágenes capturadas. Es recomendable utilizar las características morfológicas de las imágenes para detectar los bordes de las imágenes y poder realizar binarización de las imágenes. Esto permitirá poder estimar el tamaño de un área en pixeles. Finalmente con el área medida, podremos conocer indirectamente el volumen de la palta si se calcula la misma con un volumen e revolución. Esto se puede lograr

fácilmente mediante operaciones integrales de funciones. En las Figuras 3.37, 3.38 y 3.39, se puede ver un ensayo que se hizo para poder determinar el área proyectada de una palta a través de la imagen capturada con una cámara de celular.

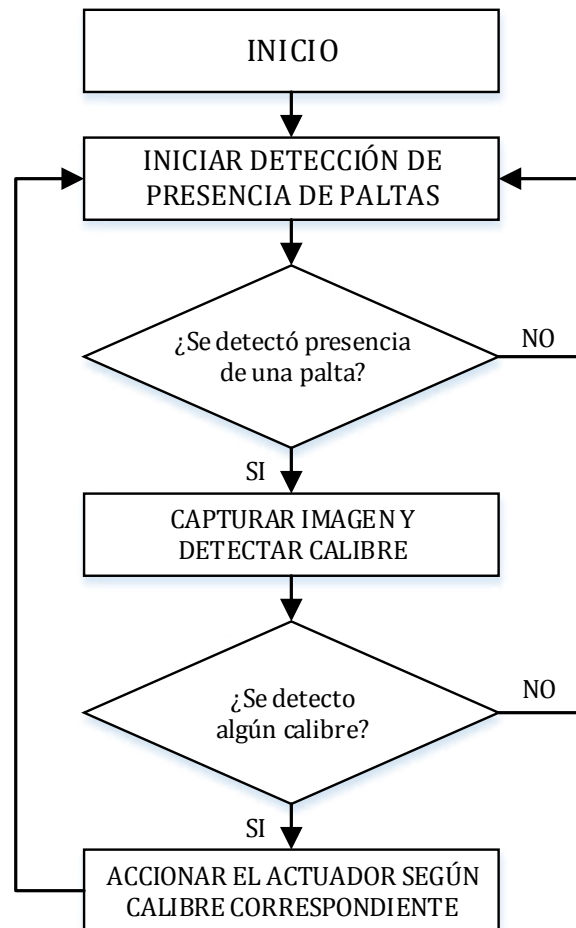


Figura 3.39: Diagrama de flujo – Selección de calibres para paltas



Figura 3.40: Imagen capturada de palta y detección de bordes – Luz baja

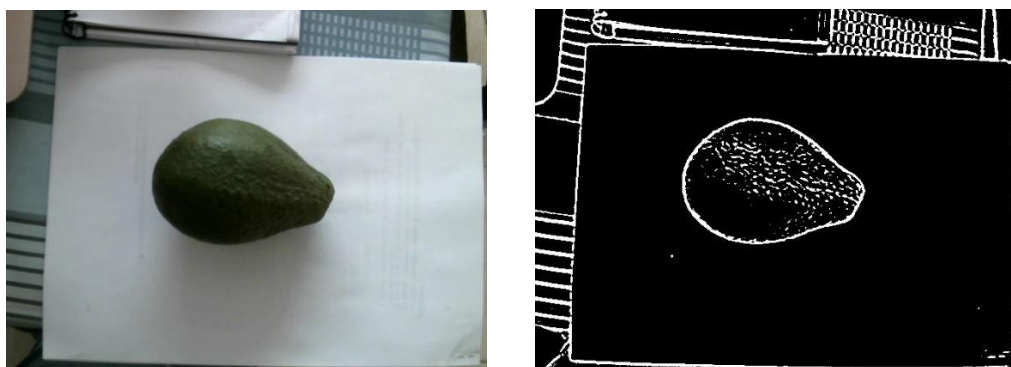


Figura 3.41: Imagen capturada de palta y detección de bordes – Luz moderada

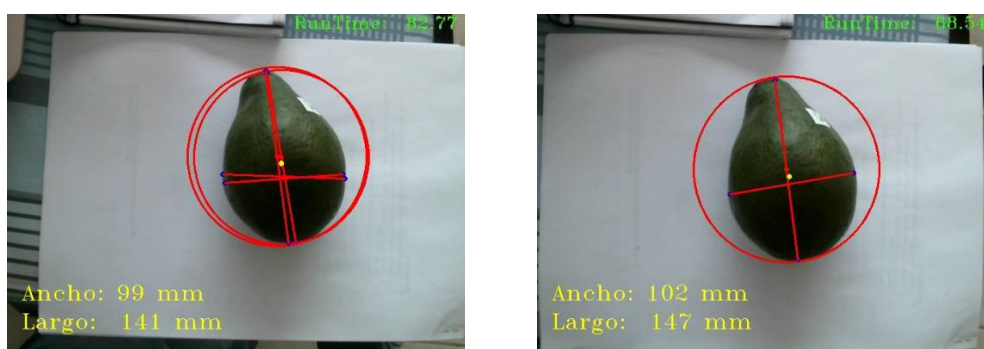


Figura 3.42: Estimación de medidas principales de la palta

Como se puede ver es muy importante una adecuada iluminación durante la adquisición de la imagen para poder detectar adecuadamente los bordes de la palta, ya que las sombras se pueden percibir como parte del volumen de la palta.

Es importante mencionar que el diseño de la máquina ha sido concebido de tal forma que puede realizar una función adicional y que es de tanta importancia como la selección por calibre. Ya que la máquina hace girar la palta, es posible captar imágenes de toda la superficie de la palta y realizar de esta forma un adecuado control de calidad del estado de la palta. Como se puede ver en la Figura 3.40, existen una variedad de daños y defectos que pueden ser detectados por medio de la visión artificial. En la actualidad no existen máquinas que hagan control de calidad de paltas por visión artificial, o son muy pocas y de muy poca difusión. En ese sentido, el campo de control de calidad por visión artificial es un área de potencial desarrollo para el sector agroindustrial.

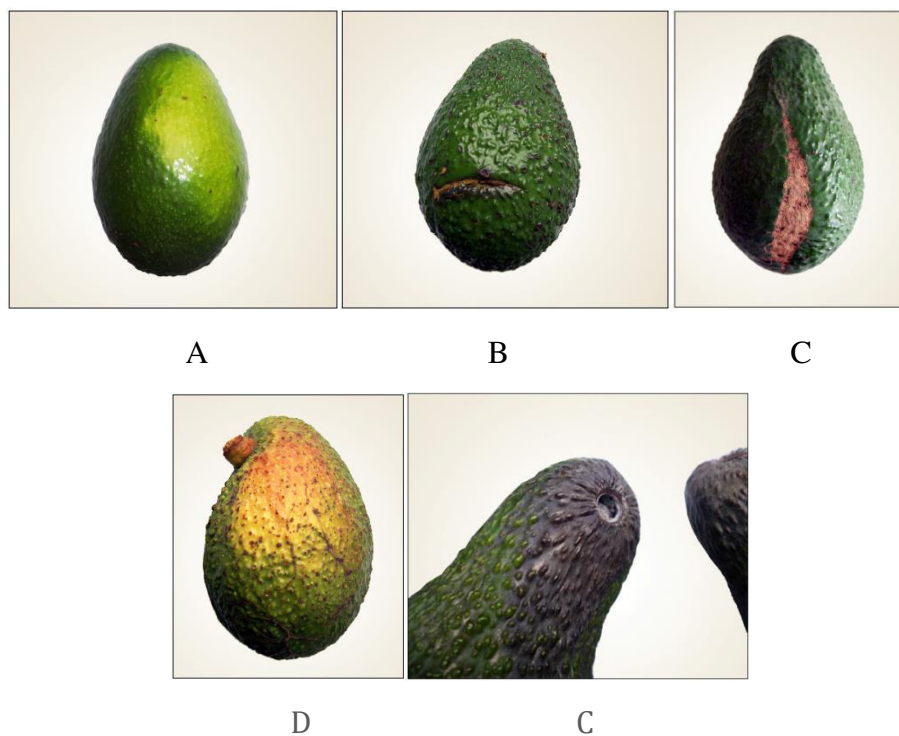


Figura 3.43: Daños y defectos en paltas. Decoloración (A) Herida abierta (B) Raspado (C) Quemadura de sol (D) Pudrición (E)

En el caso particular que se viene desarrollando en esta tesis, una mejora muy importante sería la incorporación de un sistema automatizado de control de calidad por visión artificial. De hecho, el computador embebido Jetson Tk1, es capaz de realizar el procesamiento de imágenes para realizar un adecuado control de calidad, ya que cuenta con suficiente capacidad de procesamiento de datos en su CPU y GPU.

Si fuese necesario adicionar un automatismo de control de calidad, una propuesta para el desarrollo de algún algoritmo de control de calidad podría realizarse a partir del siguiente diagrama de flujo que se presenta en la Figura 3.41.

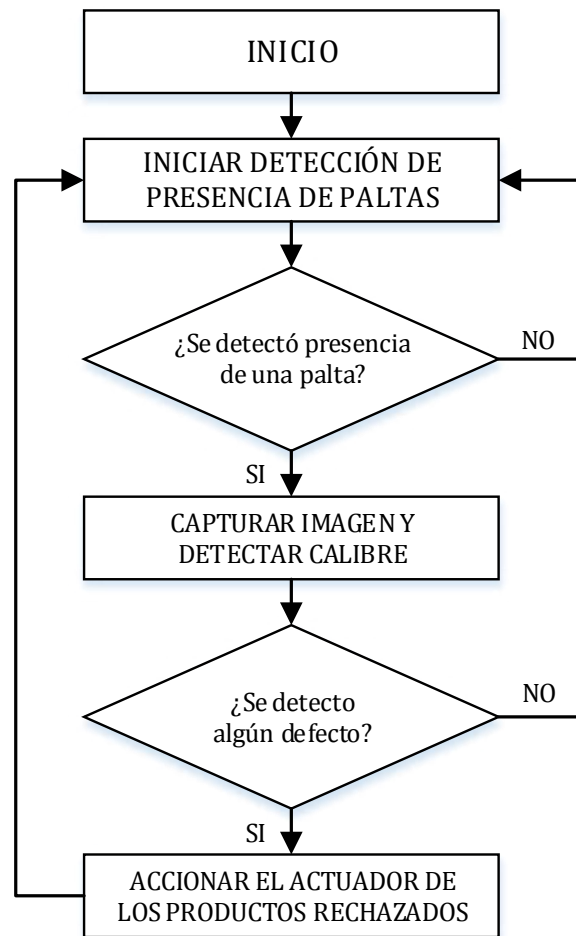


Figura 3.44: Diagrama de flujo – Control de calidad de paltas

CAPITULO 4

Planos y costos

El diseño de la máquina se desarrolló con un software de modelamiento tridimensional. Con ayuda de este software se logró desarrollar los planos de ensamble y de despiece que se presentan conjuntamente con el presente documento.

4.1 Listado de planos de ensamble y vistas generales

| PLANO | DESIGNACIÓN |
|-------------------------------|-------------|
| SELECCIONADOR DE PALTAS | EN-SEL-A0-1 |
| CABINA DE OBSERVACION | EN-CAB-A2-1 |
| PLANTA DE SELECCIÓN DE PALTAS | EN-PLA-A0-1 |
| PERSPECTIVA DEL PROCESO | EN-PRO-A0-1 |
| DIAGRAMA ELECTRONICO | EN-DEL-A0-1 |
| DIAGRAMA NEUMATICO | EN-DNE-A0-1 |

4.2 Listado de planos de despiece

| PLANO | DESIGNACIÓN |
|--------------------------------------|----------------|
| 1 - PERFIL VIGA DERECHA | DS-SEL-A3-01 |
| 2 - PERFIL VIGA IZQUIERDA | DS-SEL-A3-02 |
| 3 - PERFIL VIGA CENTRAL | DS-SEL-A3-03 |
| 4 - AMARRE DE VIGA | DS-SEL-A3-04 |
| 24 - PERFIL VERTICAL 806mm | DS-SEL-A3-24 |
| 25 - PERFIL TRANSVERSAL 1405mm | DS-SEL-A3-25 |
| 27 - PERFIL LATERAL 2285mm | DS-SEL-A3-27 |
| 31 - BARRA AJUSTABLE DE NIVELACION | DS-SEL-A3-31 |
| 44.1 - EJE DE TRASNMISION | DS-SEL-A3-44.1 |
| 44.2 - EJE MOTRIZ CONDUCIDO | DS-SEL-A3-44.2 |
| 49 - PERFIL TRANSVERSAL 1475mm | DS-SEL-A3-49 |
| 52 - RUEDA DE CADENA Z=45, P=12.7 mm | DS-SEL-A3-52 |
| 53 - SOPORTE DE ACTUADORES | DS-SEL-A3-53 |

4.3 Valorización económica

Es necesario realizar la valorización económica del diseño completo de la máquina con la finalidad de poder evaluar el financiamiento requerido para la fabricación. Es importante mencionar que todos los componentes han sido presupuestados para su adquisición en el mercado nacional. El único componente que sería necesario adquirir a través de una importación directa desde la web del fabricante es el computador embebido Jetson Tk1, ya que es la única forma en la que se distribuye este componente. En el Anexo E, se puede visualizar el cuadro de costos general para la adquisición de componentes y fabricación de la máquina. El costo total de adquisición de materiales y componentes para la fabricación de la máquina asciende a US\$ 29'926.72.

Para la instalación, puesta en marcha, y calibración del equipo se ha considerado necesaria la labor de un técnico capacitado en montajes electromecánicos, un técnico electrónico y la supervisión de un ingeniero mecatrónico. Se estima un tiempo total de 30 horas por cada persona, a lo largo de una semana, para la culminación de la instalación completa de la máquina. El costo horario de los técnicos es de US\$ 30.00 y de un ingeniero es de US\$ 65.00. El costo total del personal involucrado es de US\$ 3'750.00

Sumando los montos mencionados anteriormente, el monto total para la fabricación e instalación del equipo es de US\$ 33'676.72.

CAPITULO 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones y trabajo futuro

El diseño de la máquina para seleccionar paltas ha sido desarrollado para cumplir todas las exigencias contempladas en la norma NTP 011.018 2014, en donde se normaliza las características de las paltas para una adecuada selección y posterior exportación. La máquina ha sido concebida para procesar 5000 kilogramos de paltas tipo HASS y Fuerte. En ese sentido se puede afirmar que el diseño, estructuración y selección de componentes estructurales y electromecánicos, así como de los componentes electrónicos y electropneumáticos para la automatización, han sido desarrollados de manera adecuada. Finalmente se puede garantizar el adecuado funcionamiento de la máquina en caso de ser requerida la fabricación de la misma.

El costo estimado de fabricación de la máquina asciende a US\$ 33'676.72, lo cual es valor significativamente reducido frente a los valores superiores a los US\$100'00.00 que costarían máquinas más sofisticadas pero de mayor capacidad, según la información suministrada por los mismos productores de palta. Estos precios referenciales son de máquinas de conocidas marcas transnacionales como TOMRA y COMPAC SORTING.

Para la adecuada consecución del funcionamiento de la máquina se puede plantear como trabajo futuro, el desarrollo de la programación de un algoritmo de acuerdo a la propuesta de automatización que se presenta en esta tesis para la selección de las paltas por calibre utilizando visión artificial. Adicionalmente se puede desarrollar de manera paralela un código de programación para realizar el control de calidad de las paltas, igualmente por visión artificial.

5.2 Recomendaciones

Es importante mencionar que el accionamiento electroneumático desarrollado en este tema de tesis ha sido probado exitosamente. Para lograr estas pruebas se adaptó una máquina seleccionadora de ajíes paprikas, para que trabajen con válvulas electroneumáticas tal como lo haría la máquina seleccionadora de paltas. La diferencia entre la máquina adaptada para las pruebas y la máquina diseñada para la selección de paltas en el presente documento, radica principalmente en el procesamiento digital de las imágenes y el control del proceso de selección se realiza por medio de una computadora. Por otro lado, el sistema de control desarrollado en el presente diseño de tesis plantea un sistema embebido el cual cuenta con softwares libres, y se puede adaptar a cualquier tipo de forma constructiva de manera flexible.

Se puede desarrollar mejoras en el diseño, especialmente en la automatización del proceso de selección de paltas por visión artificial y el accionamiento de los actuadores de selección. Una de las mejoras más importantes que se recomienda es la del desarrollo de un algoritmo y un código de programación basado en softwares y lenguajes de programación libres para sistemas embebidos. Tales como C, C++, Assembler, Java, Javascript, Python, entre otros. Esto debido a que el objetivo final de la tesis es el desarrollo de una máquina comercial seleccionadora de frutos cuyo costo total de fabricación sea accesible a la gran mayoría de productores de frutos. Es también altamente recomendable, revisar y realizar una adecuada selección de los componentes electrónicos involucrados en sistema automatizado de selección de frutos con la finalidad de proponer mejoras en el sistema como tiempo y precisión en la selección de paltas por tamaño, forma, color y defectos superficiales.

Bibliografía

- [1] INDECOPI (2014). Norma Técnica Peruana. NTP 0.11.0.18:2014
- [2] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/boletines/valor-bruto-produccion-agropecuaria>
- [3] SUNAT (2012). http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=481:pdb-exportadores-aspectos-generales&catid=46:igv-isc&Itemid=74
- [4] Reporte de Exportaciones por Subpartida Nacional/País Destino 2014-Subpartida Nacional : 0804.40.00.00 AGUACATES (PALTAS) FRESCOS O SECOS – SUNAT, Julio 2015
- [5] Compac Sorting Equipment: <http://es.compacsort.com/wawcs0118327/ln-18327.html>
- [6] TOMRA: <http://www.tomra.com/>
- [8] P. Deepa and S. N. Geethalakshmi, "Improved Watershed Segmentation for Apple Fruit Grading," 2011 Int. Conf. Process Autom. Control Comput., pp. 1–5, Jul. 2011.
- [9] G. M. Benavides and E. R. Guerrero, "Automated System for Classifying Hass Avocados Based on Image Processing Techniques," Commun. Comput. (COLCOM), 2014 IEEE Colomb. Conf., no. 3, pp. 1 – 6, 2014.
- [10] BARRIGA, B (1985), Métodos de Diseño en Ingeniería Mecánica. Pontificia Universidad Católica del Perú
- [11] CASAS, I. y AURTENECHEA, F. (1987), Evaluación y Predicción del Desempeño de Sistemas Computacionales. Actas XIII Conferencia Latinoamericana de Informática. 9-13 Noviembre, Bogotá, Colombia.
- [12] UNISYS (1989) U6000 Series System V, Administration Guide Vol 1. Unisys Corporation.

ANEXO A

Selección de cadenas para fajas transportadoras - Renold

Designer Guide

Assessment of chain roller friction

In conveyor calculations the value of the coefficient of friction of the chain roller has a considerable effect on chain selection. When a chain roller rotates on a supporting track there are two aspects of friction to be considered. Firstly there is a resistance to motion caused by rolling friction and the value for a steel roller rolling on a steel track is normally taken as 0.00013. However this figure applies to the periphery and needs to be related to the roller diameter, therefore:

Coefficient of rolling friction =

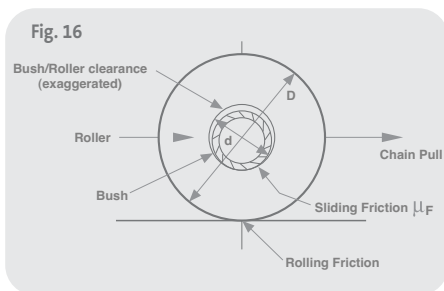
$$\frac{0.00013}{\text{Roller radius (m)}} = \frac{0.13}{\text{Roller radius (mm)}}$$

$$= \frac{0.26}{\text{Roller diameter (mm)}}$$

Secondly a condition of sliding friction exists between the roller bore and the bush periphery. For well lubricated clean conditions a coefficient of sliding friction μ_F of 0.15 is used and for poor lubrication approaching the unlubricated state, a value of 0.25 should be used. Again this applies at the bush/roller contact faces and needs to be related to their diameters.

Coefficient of sliding friction =

$$\frac{\mu_F \times \text{Roller bore (mm)}}{\text{Roller diameter (mm)}}$$



Thus the overall theoretical coefficient of chain rollers moving on a rolled steel track =

$$\frac{0.26 + (\mu_F \times \text{Roller bore (mm)})}{\text{Roller diameter (mm)}}$$

In practice, a contingency is allowed, to account for variations in the surface quality of the tracking and other imperfections such as track joints. The need for this is more evident as roller diameters become smaller, and therefore the roller diameter is used in an additional part of the formula, which becomes:

Overall coefficient of friction =

$$\mu_c = \frac{0.26 + (\mu_F \times d)}{D} + \frac{1.64}{D}$$

and simplified:
$$\mu_c = \frac{1.90 + \mu_F d}{D}$$

Where μ_c = overall coefficient of friction for chain.

μ_F = bush/roller sliding friction coefficient.

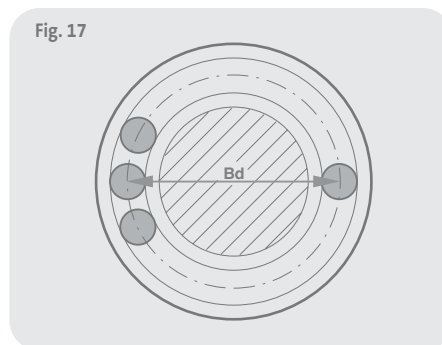
d = roller bore diameter in mm.

D = roller outside diameter in mm.

The formula is applicable to any plain bearing roller but in the case of a roller having ball, roller or needle bearings the mean diameter of the balls etc. (Bd), would be used as the roller bore. μ_F is taken as 0.0025 to 0.005, the latter being assumed to apply to most conditions. Thus overall coefficient of friction for a chain roller fitted with ball bearings and rolling on a steel track:

$$\mu_c = \frac{0.26 + (0.005 \times \text{Mean diameter of balls (mm)})}{\text{Roller diameter (mm)}} + \frac{1.64}{\text{Roller diameter (mm)}}$$

$$\therefore \mu_c = \frac{1.90 + (0.005 \times Bd)}{D}$$



The following table shows values for overall coefficient of friction for standard conveyor chain with standard rollers (μ_c). Alternative values can be calculated as above if the roller diameter is modified from the standard shown.

OVERALL COEFFICIENTS OF ROLLING FRICTION FOR STANDARD CONVEYOR CHAIN (μ_c)

| Chain Reference | Ultimate Strength (kN) | Roller Diameter (mm) D | Chain Overall Coefficient of Friction μ_c | | |
|-----------------|------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|
| | | | Regular Lubrication $\mu_F = 0.15$ | Occasional Lubrication $\mu_F = 0.20$ | No Lubrication $\mu_F = 0.25$ |

BS Series

| | | | | | |
|-------------|---------|------|------|------|------|
| BS13 | 13 | 25.4 | 0.13 | 0.14 | 0.16 |
| BS20 | 20 | 25.4 | 0.15 | 0.17 | 0.19 |
| BS27/BS33 | 27/33 | 31.8 | 0.15 | 0.18 | 0.20 |
| BS54/BS67 | 54/67 | 47.6 | 0.12 | 0.14 | 0.17 |
| BS107/BS134 | 107/134 | 66.7 | 0.10 | 0.13 | 0.15 |
| BS160/BS200 | 160/200 | 88.9 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| BS267 | 267 | 88.9 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| BS400 | 400 | 88.9 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |

ISO Series

| | | | | | |
|-------|-----|-----|------|------|------|
| M40 | 40 | 36 | 0.11 | 0.12 | 0.14 |
| M56 | 56 | 42 | 0.10 | 0.12 | 0.14 |
| MC56 | 56 | 50 | 0.10 | 0.12 | 0.14 |
| M80 | 80 | 50 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| M112 | 112 | 60 | 0.09 | 0.10 | 0.12 |
| MC112 | 112 | 70 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| M160 | 160 | 70 | 0.08 | 0.10 | 0.12 |
| M224 | 224 | 85 | 0.08 | 0.09 | 0.11 |
| MC224 | 224 | 100 | 0.08 | 0.10 | 0.12 |
| M315 | 315 | 100 | 0.07 | 0.09 | 0.11 |
| M450 | 450 | 120 | 0.07 | 0.09 | 0.10 |
| M630 | 630 | 140 | 0.07 | 0.09 | 0.10 |
| M900 | 900 | 170 | 0.06 | 0.08 | 0.10 |

Table 2

Designer Guide

Table 8

| Material | Factor G (Side Friction) | µm |
|------------------------------|-----------------------------|------|
| Ashes, dry, 13mm and under | 0.05 | 0.50 |
| Ashes, wet, 13mm and under | 0.02 | 0.60 |
| Ashes, wet, 75mm and under | 0.02 | 0.60 |
| Cement, Portland | 0.09 | 0.70 |
| Cement, clinker | 0.08 | 0.70 |
| Coal, Anthracite, nuts | 0.04 | 0.50 |
| Coal, Bituminous, slack, wet | 0.03 | 0.70 |
| Coke, sized 13mm | 0.02 | 0.40 |
| Coke, breeze, fine | 0.03 | 0.70 |
| Grain | 0.05 | 0.40 |
| Gravel, dry, screened | 0.08 | 0.50 |
| Lime, ground | 0.04 | 0.40 |
| Lime, pebble | 0.07 | 0.50 |
| Limestone, crushed | 0.14 | 0.90 |
| Sand, dry | 0.13 | 0.60 |
| Sand, damp | 0.17 | 0.90 |
| Sand, foundry, prepared | 0.07 | 0.90 |
| Sawdust | 0.01 | 0.40 |
| Stone, dust | 0.09 | 0.50 |
| Stone, lumps and fines | 0.10 | 0.70 |
| Soda ash (heavy) | 0.09 | 0.62 |
| Sodium carbonate | 0.04 | 0.45 |
| Wood, chips | 0.01 | 0.40 |

Values given are nominal and are for guidance only; they are based on the materials sliding on steel.

METHODS OF SELECTION

1. Examine the diagrams A to K (page 83 - 84) and select the layout nearest to the conveyor under consideration.
2. Examine the formulae printed under the selected layout for the conveyor chain pull (Cp).
3. Identify and allocate values to the elements of the formulae by using the reference list opposite.
4. Calculate a preliminary chain pull using an estimated chain mass.
5. Apply the correct factor of safety for the application from Table 1 page 74. If temperature and type of application affect your selection, then select the highest factor from other relevant sections.

Chain breaking load = Chain Pull Cp x factor of safety.

6. For the chain breaking strength established in the preliminary calculation, recalculate maximum chain pull Cp using actual chain mass and check the factor of safety obtained.
7. If loads are carried by the chain, then the roller capacity should be checked - page 76.
8. Conveyor headshaft power may be calculated by using the appropriate formula for K which will give the results in Kilowatts.

Note: The power calculated is that required to keep the conveyor moving, not the motor size required. To select a motor, allowance should be made for starting and transmission losses.

9. Headshaft RPM can be calculated after selecting a suitable size of drive sprocket.

$$\text{RPM} = \frac{V \times 60}{\text{PCD} \times \pi}$$

where PCD = Pitch circle dia. of sprocket (m).

10. Headshaft torque can be calculated as follows:

$$\text{Torque} = \frac{Cp \times \text{PCD (Nm)}}{2}$$

REFERENCE LIST

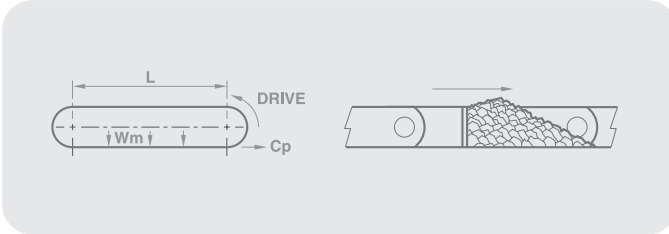
- Cp = Chain pull total (N)
 L = Centre distance (m) - head- to tail-shaft
 Wc = Chain total mass per metre (kg/m) including attachments and fittings.
 Wm = Mass of load/metre (kg/m)
 W = Total carried load (kg)
 T = Conveying capacity (Tonnes/Hour)
 V = Chain speed (m/sec)
 µc = Coefficient of friction, chain on steel (sliding or rolling) - see Table 2 page 75.
 µm = Coefficient of friction, load on steel. See table 8 opposite.
 ρ = Load density (kg/m³)
 α = Angle of inclination (degrees).
 G = Side friction factor. See table 8 opposite.
 C = Conveyor width (m)
 H = Material height (m)
 S = Bucket spacing (m)
 Vb = Bucket capacity (m³)
 K = Power at headshaft (kW)
 Wb = Bucket mass (kg)
 X = Extra chain pull due to side guide friction
 [X = 2.25 x 10⁴ GLH² (N) - See page 81]
 P_B = Chain pull at B (N).
 µ_{s1} = (µc x cos α) - sin α [See page 108]
 µ_{s2} = (µc x cos α) + sin α [See page 109]
 µ_{sm} = (µm x cos α) + sin α
 Df = Dredge factor (spaced bkts)(N)
 = $\frac{90 \times Vb \times \rho}{S}$
 Dredge factor (continuous bkts)(N)
 = $\frac{30 \times Vb \times \rho}{S}$
 J = Chain sag (m)
 a = Idler centres (m)

Note: m = Metres
 N = Newtons
 kW = Kilowatts
 kg = Kilograms

Designer Guide

LAYOUT A

Chain and material sliding

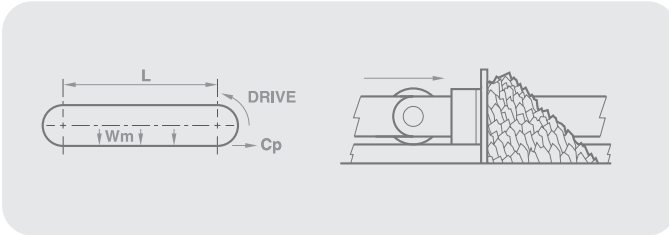


$$C_p = 9.81 \times L [(2.05 \times W_c \times \mu_c) + (W_m \times \mu_m)] + X \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT B

Chain rolling and material sliding

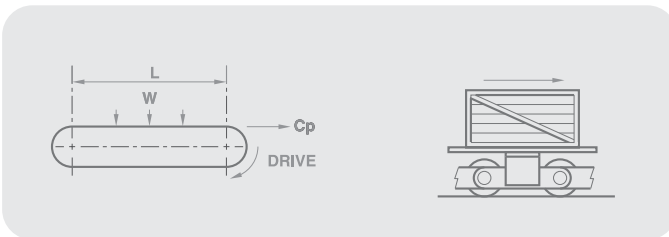


$$C_p = 9.81 \times L [(2.05 \times W_c \times \mu_c) + (W_m \times \mu_m)] + X \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT C

Chain rolling and material carried

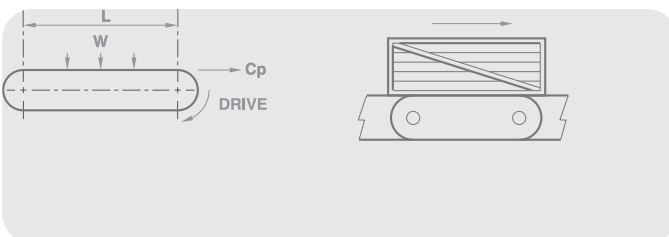


$$C_p = 9.81 \times \mu_c [(2.05 \times W_c \times L) + W] \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT D

Chain sliding and material carried

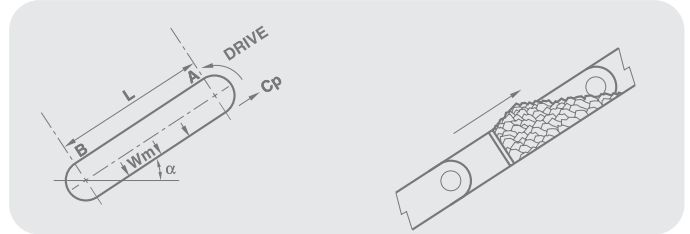


$$C_p = 9.81 \times \mu_c [(2.05 \times W_c \times L) + W] \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT E

Chain and material sliding



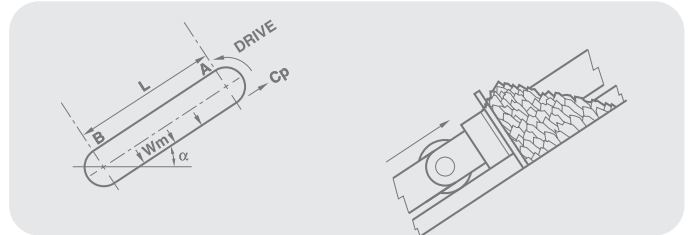
$$P_B = 9.81 \times W_c \times L \times \mu_{s1} \text{ (N)}$$

$$C_p = 9.81 \times L [(W_c \times \mu_{s2}) + (W_m \times \mu_{sm})] + P_B + X \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT F

Chain rolling and material sliding



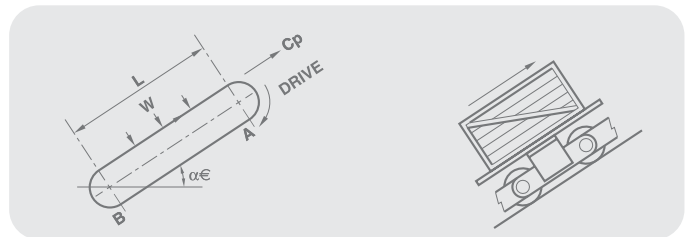
$$P_B = 9.81 \times W_c \times L \times \mu_{s1} \text{ (N)}$$

$$C_p = 9.81 \times L [(W_c \times \mu_{s2}) + (W_m \times \mu_{sm})] + P_B + X \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT G

Chain rolling and material carried



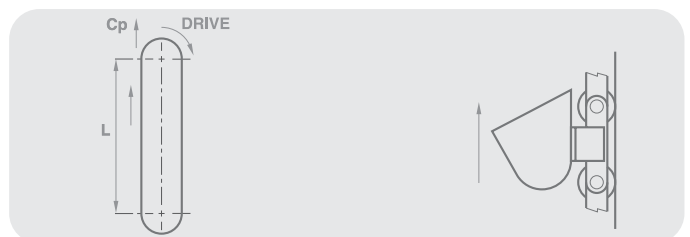
$$P_B = 9.81 \times W_c \times L \times \mu_{s1} \text{ (N)}$$

$$C_p = 9.81 \times \mu_{s2} [(W_c \times L) + W] + P_B \text{ (N)}$$

$$K = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

LAYOUT H

Vertical elevator



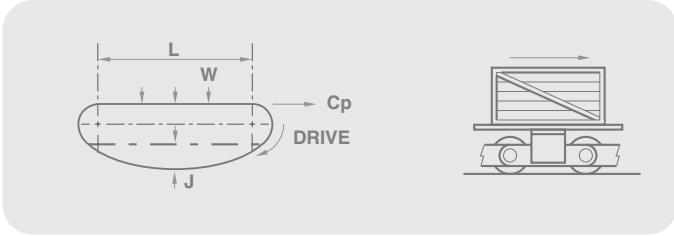
$$C_p = 9.81 [(wb \times L) + (W_c \times L) + \frac{(L \times Vb \times \rho)}{s}] + Df \text{ (N)}$$

$$K = \frac{[(9.81(\frac{1}{s} \times Vb \times \rho)) + Df] \times V}{1000} \text{ (kW)}$$

Designer Guide

LAYOUT J

Chain rolling, material carried. Return strand unsupported.

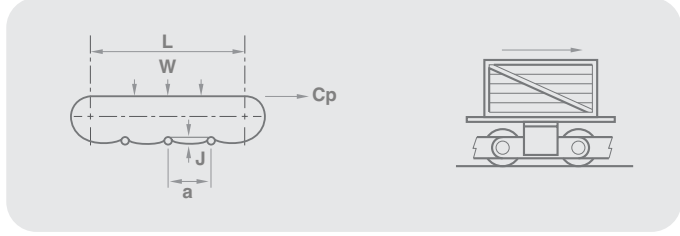


$$C_p = 9.81 \left[1.05 \frac{L^2 \times W_c + (W_c \times J)}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \text{ (N)}$$

$$K = 9.81 \left[0.05 \frac{L^2 \times W_c + (W_c \times J)}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \times \frac{V \text{ (kW)}}{1000}$$

LAYOUT K

Chain rolling, material carried. Return strand on idlers.



$$C_p = 9.81 \left[1.05 \times \frac{L}{a} \frac{a^2 \times W_c + (W_c \times J)}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \text{ (N)}$$

$$K = 9.81 \left[0.05 \times \frac{L}{a} \frac{a^2 \times W_c + (W_c \times J)}{8 \times J} + (\mu_c \times W_c \times L) + (\mu_c \times W) \right] \times \frac{V \text{ (kW)}}{1000}$$

SELECTION EXAMPLE

A continuous slat conveyor, 36 metre centres of head and tail sprockets, is to carry boxed products 650mm x 800mm, of mass 36kg each. 50 boxes will be the maximum load and two chains are required with K attachments at every pitch one side. 152.4mm pitch chain is preferred and the mass of the slats is 15kg/m. Operating conditions are clean and well lubricated. Chain speed would be 0.45 m/sec using 8 tooth sprockets.

The example is of chain rolling and material carried, i.e. Layout C.

It is first necessary to carry out a preliminary calculation to arrive at a chain size on which to base the final calculation. A rough assessment of chain mass can be done by doubling the slat mass, and for rolling friction a figure of 0.15 can be used.

$$\text{Mass of Load on Conveyor} = 50 \times 36 = 1800 \text{ kg}$$

$$\text{Mass per Metre of Slats} = 15 \text{ kg/m}$$

$$\text{Estimated Mass of Chain} = 15 \text{ kg/m}$$

$$\text{Estimated Mass of Chain \& Slats} = 15 + 15 = 30 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Preliminary Chain Pull} &= 9.81 \times \mu_c [(2.05 \times W_c \times L) + W] \text{ N} \\ &= 9.81 \times 0.15 [(2.05 \times 30 \times 36) + 1800] \text{ N} \\ &= 5907 \text{ N} \end{aligned}$$

Factor of safety for this application is 8 (from table 1 page 74).

$$\therefore \text{Minimum Breaking Load Required} = \frac{5907 \times 8}{2} = \frac{23628 \text{ N}}{\text{per chain}}$$

As a solid bearing pin chain is preferable for this application then two strands of 152.4 mm pitch BS series, 33000 N (7500 lbf) breaking load chain may be suitable.

Final Calculation

Chain mass + K3 integral attachment one side every pitch
= 3.35 kg/m (from chain catalogue)

$$\text{Mass of Both Chains} = 3.35 \times 2 = 6.7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Mass of Chain + Slats} = 6.7 + 15 = 21.7 \text{ kg/m}$$

$$\mu_c = 0.15 - \text{taken from table 2 page 75. (Regular lubrication).}$$

$$C_p \text{ (Chain pull)} = 9.81 \times \mu_c [(2.05 \times W_c \times L) + W] \text{ N}$$

$$C_p = 9.81 \times 0.15 [(2.05 \times 21.7 \times 36) + 1800] \text{ N}$$

$$C_p = 5005 \text{ N}$$

$$\text{Factor of Safety} = \frac{\text{Breaking load} \times 2}{\text{Total chain pull}} = \frac{33000 \times 2}{5005} = 13.19$$

Thus the selection is confirmed. It is now necessary to check the roller loading.

$$\begin{aligned} \text{Box} &= 650 \text{ mm long} \\ \text{Load} &= \text{mass} \times g \text{ (gravity)} \\ &= 36 \times 9.81 = 353 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Load of Chain and Slats over 650 mm} &= 21.7 \times 9.81 \times .65 \\ &= 138 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Load on Rollers} &= 353 + 138 = 491 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Number of Rollers Supporting Load} &= \frac{650 \times 2}{152.4} = 8.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Load Per Roller} &= \frac{491}{8.5} = 58 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bearing Area of Roller (see table 3 page 76)} &= 254 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Bearing Pressure of Rollers} = \frac{58}{254} = 0.23 \text{ N/mm}^2$$

This is well below the allowable maximum of 1.2 N/mm² (see page 76 table 4 sintered steel) therefore the roller loading is acceptable.

Conclusion

The selection for this application would be 2 strands of 152.4 mm pitch, 33,000N (7500lbf) breaking load BS series chain with standard sintered steel rollers (Chain No. 145240/16) and K3 bent over attachments one side every pitch.

Power required to drive the conveyor would be:

$$\begin{aligned} K &= \frac{\text{Chain pull} \times \text{Chain speed}}{1000} = \frac{C_p \times V}{1000} \text{ kW} \\ &= \frac{5005 \times 0.45}{1000} = 2.25 \text{ kW} \end{aligned}$$

Note: This is the power required at the headshaft to keep the conveyor moving, not the motor size required. Allowance should be made for starting and transmission/gearing losses when selecting a drive motor.

Headshaft RPM required using an 8 tooth (398.2 mm PCD) sprocket would be

$$\begin{aligned} \text{RPM} &= \frac{\text{Chain Speed (m/sec)} \times 60}{\text{PCD (m)} \times \pi} \\ &= \frac{0.45 \times 60}{0.398 \times \pi} = 21.6 \text{ RPM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headshaft Torque} &= \frac{C_p \times \text{PCD}}{2} \text{ Nm} \\ &= \frac{5005 \times 0.398}{2} \\ &= 996 \text{ Nm} \end{aligned}$$

ANEXO B

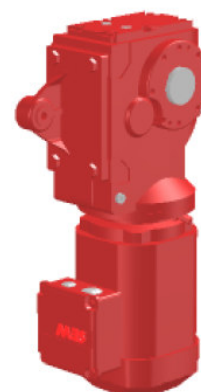
Motoredcutor KA47-TDRS80M4 – SEW EURODRIVE

Información del producto



Motorreductor AC

KA47/TDRS80M4



| | |
|--|-----------------------------|
| Velocidad nominal del motor | [1/min] : 1725 |
| Velocidad de salida | [1/min] : 30 |
| Índice de reducción total | : 56,83 |
| Par de salida | [Nm] : 345 |
| Factor de servicio SEW-FB | : 1,15 |
| Posición de montaje | : M2B |
| Pintura imprimación | : 7031 Gris azul (20070310) |
| Posición de conexión/caja de bornas | [°] : 90 |
| Entrada de cable/ Posición del conector | : 1 |
| Eje hueco | [mm] : 35 |
| Salida permitida con carga radial n=1400 | [N] : 5520 |
| Cantidad de lubricante 1er reductor | [Litro] : 1,3 |
| Potencia del motor | [kW] : 1,1 |
| Factor de duración | : S1-100% |
| Clase eficiente | : IE1 |
| Eficiencia (50/75/100% Pn) | [%] : 81,4 / 80,8 / 80,5 |
| Marcado CE | : No |
| Tensión del motor | [V] : 220/380 |
| Esquema de conexionado | : R13 |
| Frecuencia | [Hz] : 60 |
| Corriente nominal | [A] : 4,45 / 2,6 |
| Cos Phi | : 0,79 |
| Clase de aislamiento | : 155(F) |
| Tipo protección del motor | : IP55 |
| Requisito del diseño | : IEC |
| Peso neto | [Kg] : 30 |

Características adicionales y Opciones:

Aislamiento térmico 155(F)
 Grado de protección IP 55
 T- Brazo de par para ejecución montaje flotante
 Tensión, frecuencia o bobinado especial

ANEXO C

Información Técnica de componentes eléctricos y
neumáticos

JETSON TK1 - NVIDIA

Jetson TK1 and Jetson TK1 Pro product comparison



JETSON TK1



JETSON TK1 PRO

| FEATURES | | |
|------------------------------|---|--|
| SoC | NVIDIA Tegra K1 Processor | NVIDIA Tegra K1 VCM |
| Memory | 2 GB | 2 or 4 GB |
| Storage | 16 GB eMMC | 64 GB eMMC on VCM 8 GB eMMC on Baseboard |
| Networking | RTL8111GS (PEX- GbE) | 100 Mbit (ABB) GbE / AVB |
| Communication | - | Wi-Fi 802.11 a/b/g/n, AP; BT 4.0 (AW-AH691A- E) |
| Modem | - | (add-on) NVIDIA i500 LTE Cat 3-4 |
| Audio | ALC5639 Audio Codec | AK4618VQ + AD1937 Audio Codecs |
| CAN | - | (ABB) Via MicroController (2 CAN channels, MCU) |
| Camera Aggregator | - | (ABB) 2x Maxim 9268 (8x GMSL over 2x CSI-2) |
| Touch Panel | - | Atmel Controller Sharp 10.1" EDP display |
| Other | - | AV Companion Chip |
| INPUT/OUTPUT AND FORM FACTOR | | |
| USB | 1 x 3.0 + 1 x 2.0 | 1 x 3.0 + 4x 2.0 type A + 1x 2.0 micro type B (ABB) 1x iAP2 |
| Networking | GbE | 100 Mbit (ABB) GbE / AVB |
| Storage | SATA, SD | 8 GB eMMC, mSATA, SD (VCM) 64 GB eMMC |
| PCIe | mPCIe x1 | PCIe x 2 |
| Camera | CSI - 2 x 1 + CSI-2 x4 | (ABB) GMSL x 8 OR 2x CSI-2 x4 |
| Display Out | HDMI + DP/LVDS (Expansion) | HDMI + mini DP (2x GMSL; up to 3 displays w/ ABB) |
| Display In | - | HDMI - In, 2x CVBS In |
| Audio | MIC In, Headphone Out | 6x 2ch line out, 3x 2ch line in (ABB) 4x 2ch line out, 1x 2ch line in |
| Form Factor | 127 mm x 127 mm x 56 mm | 178 mm x 178 mm x 66 mm |
| SOFTWARE AND SUPPORT | | |
| OS | Linux for Tegra | Vibrante Linux, Android, QNX |
| Graphics | OpenGL 4.4, OpenGL ES 3.1 | OpenGL ES 3.1 |
| Compute | NVIDIA CUDA (latest production release) | NVIDIA CUDA 7.0 |
| Multimedia | V4L | NvMedia |
| Vision | OpenCV | OpenCV |
| Authoring Toolchain | - | UI Composer™ Studio |
| Development Tools | NVIDIA Nsight™ and Visual Profiler | NVIDIA Nsight™ and Visual Profiler |
| Support Model | Community | NVIDIA Direct / NVonline |
| Genivi Compliant | - | Yes |

For more information on NVIDIA Jetson TK1, visit www.nvidia.com/jetson-tk1
or for NVIDIA Jetson TK1 Pro, visit www.nvidia.com/jetsonpro

© Copyright 2014, NVIDIA, the NVIDIA logo, Tegra, CUDA, Vibrante, and Nsight are trademarks and/or registered trademarks of NVIDIA corporation in the U.S. and other countries. Other company and product names may be trademarks of the respective companies with which they are associated.



SENSOR INDUCTIVO E2B - OMRON

| Item | Size | M12 | | | |
|--|------------------|--|----------------|----------------|----------------|
| | Sensing distance | Single | | Double | |
| | Type | Shielded | Unshielded | Shielded | Unshielded |
| Model | E2B-M12□S02 | E2B-M12□N05 | E2B-M12□S04 | E2B-M12□N08 | |
| Sensing distance | | 2 mm ± 10% | 5 mm ± 10% | 4 mm ± 10% | 8 mm ± 10% |
| Setting distance | | 0 to 1.6 mm | 0 to 4 mm | 0 to 3.2 mm | 0 to 6.4 mm |
| Differential travel | | 10% max. of sensing distance | | | |
| Detectable object | | Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.) | | | |
| Standard sensing object (mild steel ST37) | | 12 × 12 × 1 mm | 15 × 15 × 1 mm | 12 × 12 × 1 mm | 24 × 24 × 1 mm |
| Response frequency (See note 1.) | | 1,500 Hz | 800 Hz | 1,000 Hz | 800 Hz |
| Power supply voltage | | 10 to 30 VDC. (including 10% ripple (p-p)) | | | |
| Current consumption | | 10 mA max. | | | |
| Output type | | -B models: PNP open collector -C models: NPN open collector | | | |
| Control output | Load current | 200 mA max. (30 VDC max.) | | | |
| | Residual voltage | 2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m) | | | |
| Indicator | | Operation indicator (Yellow LED) | | | |
| Operation mode (with sensing object approaching) | | -B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC | | | |
| Protection circuit | | Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection | | | |
| Ambient air temperature | | Operation and storage : -25 to 70°C (with no icing or condensation) | | | |
| Temperature influence | | ±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -10 to 55°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25 to 70°C | | | |
| Ambient humidity | | Operation and Storage: 35 to 95% | | | |
| Voltage influence | | ±1% max. of sensing distance in 24 VDC ±15% | | | |
| Insulation resistance | | 50 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case | | | |
| Dielectric strength | | 1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case | | | |
| Vibration resistance | | 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions | | | |
| Shock resistance | | 1,000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions | | | |
| Standard and listings | | (1) IP67 (IEC60529) (2) EMC (EN60947-5-2) | | | |
| Connecting method | | Pre-wired models (standard is 4 mm dia. PVC cable with length = 2 m, 5 m). Connector models (M12-4pin) | | | |
| Weight (packaged) | Pre-wired model | Short body: Approx. 75 g, Long body: Approx. 80 g (See note 2.) | | | |
| | Connector model | Short body: Approx. 35 g, Long body: Approx. 40 g | | | |
| Material | Case | Brass-nickel plated | | | |
| | Sensing surface | PBT | | | |
| | Cable | Standard cable is 4 mm dia. PVC. | | | |
| | Clamping nut | Brass-nickel plated | | | |
| | Toothed washer | Zinc-plated iron | | | |

Note: 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard sensing object, a distance of twice the standard sensing object between sensing objects, and a setting distance of half the sensing distance.

2. In case of WP cable type.

ARDUINO DUE - ARDUINO

Technical specs

AVR Arduino microcontroller

| | |
|--|--|
| Microcontroller | AT91SAM3X8E |
| Operating Voltage | 3.3V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-16V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 12 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 12 |
| Analog Output Pins | 2 (DAC) |
| Total DC Output Current on all I/O lines | 130 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 800 mA |
| DC Current for 5V Pin | 800 mA |
| Flash Memory | 512 KB all available for the user applications |
| SRAM | 96 KB (two banks: 64KB and 32KB) |
| Clock Speed | 84 MHz |
| Length | 101.52 mm |
| Width | 53.3 mm |
| Weight | 36 g |

ENCODER HY 38 SERIES - TOKI

parameter

| parameter | Series | HY38A | | HY38F | | HY38P | |
|--|--------|---|------|---|------|---|------|
| Output Mode | | P4/H6/E4/N4 | L5 | P4/H6/E4/N4 | L5 | P4/H6/E4/N4 | L5 |
| Power Voltage DC | | 5-26V | 5V | 5-26V | 5V | 5-26V | 5V |
| Consume Current mA | | ≤60 | ≤150 | ≤60 | ≤150 | ≤60 | ≤150 |
| Output Voltage (V) | VH | ≥0.7V _{CC} | | ≥0.7V _{CC} | | ≥0.7V _{CC} | |
| Rise Time (ns) | VL | ≤0.5 <1000 | | ≤0.5 <1000 | | ≤0.5 <1000 | |
| Fall Time (ns) | | <1000 | | <1000 | | <1000 | |
| Response frequency (Khz) | | 0~100 | | 0~100 | | 0~100 | |
| Max Speed (rpm) | | 5000 | | 5000 | | 5000 | |
| Starting torque (25℃) (Nm) | | 1.5×10 ⁻³ | | 2×10 ⁻³ | | 2×10 ⁻³ | |
| Allowed angular (rad/s ²) | | 10000 | | 10000 | | 10000 | |
| Max Load (N) | Radial | 20 | | 9.8 | | 9.8 | |
| | Axial | 10 | | 9.8 | | 9.8 | |
| Rotary Inertia (kgm ²) | | 4×10 ⁻⁸ | | 4×10 ⁻⁷ | | 4×10 ⁻⁷ | |
| Weight (KG) | | 0.1 | | 0.12 | | 0.12 | |
| Ambient Temperature | | -10~+70 | | -10~+60 | | -10~+60 | |
| Storage Temperature (℃) | | -20~+80 | | -20~+80 | | -20~+80 | |
| Shock-Resistant (m/s ²) | | 980 (X,Y,Z direction for each 3 times, with 6ms for each direction) | | 980 (X,Y,Z direction for each 3 times, with 6ms for each direction) | | 980 (X,Y,Z direction for each 3 times, with 6ms for each direction) | |
| Vibration resistance (m/s ²) | | 49 (10-200Hz, X,Y,Z three direction, each one for 2h) | | 50 (10-200Hz, X,Y,Z three direction, each one for 2h) | | 50 (10-200Hz, X,Y,Z three direction, each one for 2h) | |

UNIDAD DE MANTENIMIENTO: FILTRO - REGULADOR – LUBRICADOR FESTO

FESTO

Resumen de configuración para Unidad de mantenimiento FRC-1/4-D-7-MINI #162755



| Características básicas | |
|------------------------------------|---|
| Feature | Value |
| Serie | Serie D |
| Función | Unidad de mantenimiento |
| Tamaño | MINI - Patrón uniforme de 40 mm (sin placas base) |
| Conexión neumática | Rosca interior G1/4 |
| Margen de regulación de la presión | 0,5...7 bar |
| Grado de filtración | 40 µm |
| Indicación de presión | Con manómetro |
| Unidad de visualización | Bar/psi |
| Purga de condensado | Manual con giro |
| Opción adicional | Sin |

ELECTROVÁLVULA DISTRIBUIDORA 3/2 FESTO



Resumen de configuración para Válvulas VUVS VUVS-L20-M32C-AH-Q6-U3-F7-5C1 #576516

| Configuración básica | |
|---|---|
| Feature | Value |
| Tipo de producto | VUVS VUVS, serie S |
| Tipo de válvula de vías | L Válvula con conexiones roscadas |
| Tamaño * | 20 Tamaño 20 |
| Función de válvula | M32C Válvula de 3/2 vías, normalmente cerrada |
| Tipo de reposición de las válvulas monoestables | A Muelle neumático |
| Aire de pilotaje | Interno |
| Accionamiento manual auxiliar | H Con pulsador |
| Conexión neumática | Q6 Conector tipo clavija de 6 mm |
| Escape | U3 Silenciador con cuerpo de polímero |
| Interfaz para el servopilotaje de la válvula | F7 Con núcleo de bobina de 8 mm, corto |
| Tensión nominal de funcionamiento | 5 12 V DC |
| Conexión eléctrica | C1 Patrón de conexiones forma C, según EN 175 301 |
| protección equipo eléctrico | Estándar |

CILINDRO NEUMÁTICO - FESTO

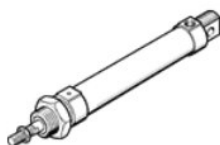
Cilindros normalizados

ESNU-8- -P

Número de artículo: 193996

FESTO

Para la detección de posiciones con sensores es necesaria una carrera mínima de 10 mm.



| Característica | Propiedades |
|---|--|
| Carrera | 1 ... 50 mm |
| Diámetro del émbolo | 8 mm |
| Amortiguación | P: amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados |
| Posición de montaje | indistinto |
| Corresponde a la norma | CETOP RP 52 P ISO 6432 |
| Construcción | Émbolo Vástago Camisa del cilindro |
| Detección de la posición | para sensores de proximidad |
| Variantes | Vástago prolongado Prolongación de la rosca exterior del vástago Rosca exterior del vástago más corta en un lado vástago simple Conexión axial del aire comprimido |
| Presión de funcionamiento | 1,5 ... 10 bar |
| Modo de funcionamiento | de simple efecto compresión |
| Fluido | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4] |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando | Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento) |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK | 2 |
| Temperatura ambiente | -20 ... 120 °C |
| Energía del impacto en las posiciones finales | 0,03 J |
| Fuerza teórica con 6 bar, avance | 19 ... 21 N |
| Masa móvil con carrera de 0 mm | 7,5 g |
| Peso adicional por 10 mm de carrera | 2,4 g |
| Peso básico con carrera de 0 mm | 35 g |
| Masa adicional por 10 mm de carrera | 1 g |
| Tipo de fijación | con accesorios |
| Conexión neumática | M5 |
| Indicación sobre el material | Conforme con RoHS |
| Información sobre el material de la tapa | Aleación forjable de aluminio |
| Información sobre el material del vástago | Acero inoxidable de aleación fina |
| Información sobre el material de la camisa del cilindro | Acero inoxidable de aleación fina |

**Resumen de configuración para Cilindro redondo ESNU,
en unidades métricas
ESNU-8-25-P-25K2-25K8
#193996**

| Configuración básica | |
|---------------------------|--|
| Feature | Value |
| Función | ESNU Cilindro redondo ESNU, en unidades métricas |
| Diámetro del émbolo en mm | 8 mm |
| Carrera en mm | 25 mm |
| Amortiguación | P Anillos elásticos / placas de amortiguación en ambos lados |
| Detección de posiciones | Sin |

| Opciones | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Feature | Value |
| Cojinete | Estándar |
| K2 Rosca prolongada del vástago | 25 mm |
| K6 - Rosca exterior corta del vástago | Sin |
| Rosca del vástago | Rosca exterior |
| K5 - Rosca especial en el vástago | Rosca estándar en el vástago |
| K8 - Vástago prolongado delante | 25 mm |

ANEXO D

Valorización económica - Cuadro de costos general

Es importante mencionar que la valorización económica se realiza en base a cotizaciones referenciales realizadas por diferentes proveedores. La elaboración del cuadro de costos comprende únicamente el costo de adquisición de componentes y no abarca el costo de las horas hombres dedicadas al diseño de la misma. De igual modo no contempla el costo de ensamblado y puesta en marcha por parte de personal calificado.

| COMPONENTES ELECTROMECA'NICOS - TRANSPORTADOR Y CABINA DE C'AMARA | | | | |
|--|--------------|---|---------------|---------------------|
| ITEM | CANT. | DESCRIPCI'ON | VENDOR | COSTO TOTAL |
| 1 | 1 | Fabricaci'on de perfiles met'licos en acero estructural ASTM A36 en 3 y 1.5 milímetros de espesor, seg'ın planos a todo costo. Con pintura esmalte est'andar. Componentes incluidos: Base para brazo de torque, perfiles estructurales, soporte de actuadores, gu'as para deslizamiento de rodillos, otros trabajos en acero estructural. | JJ DCFI S.A. | \$ 2,187.00 |
| 2 | 1 | Fabricaci'on de perfiles met'licos en acero inoxidable con 1.5 milímetros de espesor, seg'ın planos a todo costo. Con soldadura TIG. Acabado pulido Componentes incluidos: Bandeja de descarga, rampas de descarga, otros perfiles en acero inoxidable. | JJ DCFI S.A. | \$ 2,754.00 |
| 3 | 1 | Fabricaci'on de ejes de transmisi'on en acero bonificado Ck45, seg'ın planos. Con acabado superficial. | FARESA | \$ 987.00 |
| 4 | 1 | Fabricaci'on de ruedas para cadenas 1/2" x Z=45. Acero especial. Con acabado superficial y bonificado. | FARESA | \$ 1,796.00 |
| 5 | 1 | Fabricaci'on de gu'as en barra redonda 1" con acabado superficial de zincado. | JJ DCFI S.A. | \$ 245.00 |
| 6 | 1 | Cadenas ISO 606-k1 1/2" x 56 metros | EMSAC | \$ 876.00 |
| 7 | 1 | Fabricaci'on de rodillos en Delrin seg'ın planos. (860 UND) | FARESA | \$ 5,432.00 |
| 8 | 1 | Fabricaci'on de ejes de acero para Rodillos, en barra cuadrada 3/4" ASTM A36. Con acabado superficial zincado (860 UND) | JJ DCFI S.A. | \$ 3,688.00 |
| 10 | 1 | Unidades de rodamientos (Chumaceras) tipo brida (4 UND) | TECNIFAJAS | \$ 524.00 |
| 11 | 1 | Motoreductor de engranajes helicoidales KA47-TDRS80M4 [1.1 kW] | SEW EURODRIVE | \$ 858.00 |
| 12 | 1 | Fabricaci'on a todo costo de cabina en acero estructural con pintura est'andar esmalte color blanco. Fabricaci'on seg'ın planos. | JJ DCFI S.A. | \$ 875.00 |
| 13 | 1 | Accesorios para fabricaci'on y montaje Incluye: Pernos, arandelas, accesorios pl'asticos para montaje, sujetadores, esparragos roscados, soportes verticales, anillos de retenci'on, otros. | Varios | \$ 600.00 |
| | | COSTO TOTAL | | \$ 20,822.00 |

| INSTRUMENTACIÓN - TABLERO ELECTRÓNICO - NEUMÁTICA | | | | |
|---|-------|--|------------------|--------------------|
| ITEM | CANT. | DESCRIPCIÓN | VENDOR | COSTO TOTAL |
| 1 | 1 | Tablero electrónico de potencia para arranque de motor hasta 3HP y transformador-rectificador 220VAC/24VDC Incluye: Guardamotor, llave termomagnética, tranformador, tablero con botonera y montaje en rieles DIN | Electrica JB SAC | \$ 450.00 |
| 2 | 1 | Jetson Tk1 | Nvidia | \$ 224.25 |
| 3 | 1 | Componentes electrónicos varios - Arduino Due (1 UND) - Sensores inductivos (4 UND) - Encoder Toky (4 UND) - Fabricación de tarjeta de potencia para válvulas 24VDC (Según PCB) - Cables varios - Luminarias Fluorescentes 24W y accesorios de montaje (20 UND) - Borneras - Conectores DIN 43650 A para electroválvulas - Cables USB 3.0 x 3m | Digitronik | \$ 289.00 |
| 4 | 1 | Cámara Flea®3 FL3-U3-13S2C-CS 1/3" Color USB 3.0 | Point Grey | \$ 874.50 |
| 5 | 1 | Componentes electroneumáticos - Unidad de mantenimiento FRC-1/4-D-7-MINI (1 UND) - Electroválvulas VUVS-L20-M32C-AH-Q6-U3-F7-5C1 (24 UND) - Cilindros hidráulicos simple efecto retorno por muelle ESNU-8-25-P-A-8K2 (24 UND) - Mangueras y conectores 1/4" | FESTO | \$ 7,267.00 |
| | | COSTO TOTAL | | \$ 9,104.75 |

