

CAPITULO 3

DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

3.1 TIPOS DE MAQUINARIAS PARA EL CONTEO DE VARILLAS

De acuerdo con la investigación y estudios realizados en el área de la siderúrgica, específicamente en el tipo de maquinarias utilizadas para el conteo de varillas, se encontró diversas formas entre las comunes que son utilizadas e implementadas en las empresas ecuatorianas, las detallamos a continuación:

3.1.1 MECANISMO TORNILLO SIN FIN

Este mecanismo de conteo consiste en un sistema que utiliza una parte mecánico-óptico, la parte mecánica utiliza un motor eléctrico el cual está conectado a un tornillo sin fin, que se encarga de separar las varillas Figura 3.1. La parte óptica es la que se encarga del conteo de varillas con la utilización de sensores de presencia, los sensores cuentan el paso o interrupción de la señal que las varillas ocasionan al momento de cortar la luz entre sensores.



Figura 3.1. Separador de varillas mediante tornillo sin-fin

El dispositivo para contar varillas que están siendo trasladadas a lo largo de la mesa de laminación, en el que el desplazamiento de las varillas a lo largo de dicho recorrido se obtiene mediante un tornillo sin fin giratorio y que desplaza las varillas, separándolas en una dirección perpendicular a los ejes de las propias varillas, el tornillo sin fin está dotado de una rosca helicoidal que define una pluralidad de surcos por toda la longitud, alojando en cada uno de dichos surcos al menos una varilla que se mueve hacia la dirección del contador, donde este sistema está comprendido por sensores de presencia que se encargan de identificar el corte de la señal luminosa ver Figura 3.2, la cual se digita como conteo, este se encuentra perpendicular al eje longitudinal del movimiento de las varillas. Al momento de completar el conteo el sensor emite una señal para detener el motor, activar las cadenas, separar las varillas y llevarlas a la zona de atado. El tornillo sin fin tiene movimiento constante gracias a un motor eléctrico, para permitir la separación de las varillas, garantizando el conteo individual.

Al tornillo sin fin se lo cambia dependiendo del diámetro de varilla que se vaya a producir, lo cual requiere un tiempo de aproximadamente 1 hora hasta dejarlo calibrado a la velocidad deseada.



Figura 3.2. Sensor de presencia

El mantenimiento o cambio del tornillo sin fin depende del grado de erosión de los surcos. Las formas de dientes (surcos) del tornillo sin fin han sido ampliamente estandarizados, ver Figura 3.3, estos reciben un tratamiento térmico de endurecimiento para aumentar su dureza y tenacidad, ya que se encuentran

expuestos a la abrasión. Los ángulos de presión empleados en el conteo de las varillas dependen de los ángulos de avance, y de los diámetros de varillas que se encuentren laminando, los cuales deben ser lo suficientemente grandes para evitar el rebaje por corte de las varillas en el lado que se termina el contacto. La altura de dientes satisfactoria, tiene que guardar la proporción correcta con el ángulo de avance, puede obtenerse dando a la altura un valor en proporción al del paso circular axial.



Figura 3.3. Tornillo sin fin

El sensor de presencia soporta la temperatura que emiten las varillas, el sensor necesita un mantenimiento de limpieza de los lentes que emiten el haz de luz.

Los mecanismos de tornillo pueden ser simple o doblemente envolventes. Los de primer tipo son aquellos en los que la rueda envuelve o encierra parcialmente al tornillo. Los mecanismos en los que cada elemento envuelve parcialmente al otro son, desde luego, los doblemente envolventes. La diferencia más importante que hay entre los dos, es que existe contacto de superficie entre los dientes de los elementos doblemente envolventes y solo contacto de línea entre los elementos simplemente envolventes.

3.1.2 CONTADOR ELECTRÓNICO MEDIANTE UN PALPADOR

Aunque originalmente se planteaba un sistema mecánico para separar la varilla y poder facilitar su conteo, se optó por implementar un control de velocidad diferencial para los motores 1 y 2 de la figura 3.4, al aumentar la velocidad del motor 2 y por lo

tanto de las cadenas que conforman el transportador se podrá lograr una separación de la varilla que facilite su detección.

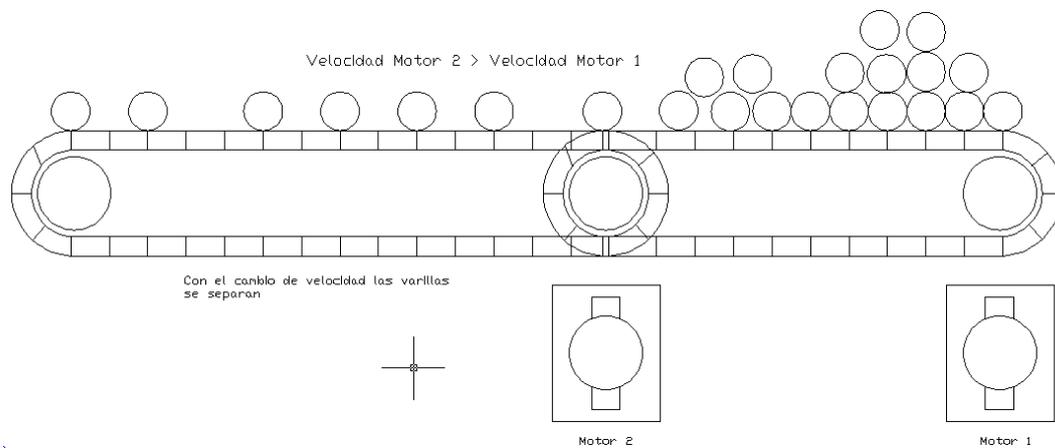


Figura 3.4. Esquema contador electrónico

Para lograr la adecuada separación de la varilla se agrega un sistema de potencia para el control de los motores por medio de un variador de frecuencia. Este dispositivo además de ser un dispositivo de gran versatilidad para el control de velocidad de motores, presenta características de comunicación por medio de red, lo cual permite controlar y variar sus parámetros desde el CPU, haciendo el sistema más versátil y dinámico.

Encontrar un sensor que soportara las condiciones físicas del ambiente antes mencionadas y que a su vez fuera confiable, con una adecuada velocidad de trabajo (menor a los 10ms), para esto se realizó un estudio de las características físicas de la varilla y su variación con respecto al grosor de la misma, se estudiaron condiciones como la variación de la temperatura y la velocidad de paso entre cada varilla. Dicho sistema no funciona a un 100 % de efectividad, con esto solo se espera disminuir la intervención manual del operario y sea una base para en el futuro contar con un sistema totalmente automatizado. El sensor seleccionado es un sensor fotoeléctrico del tipo difuso.

La unidad central de procesamiento seleccionada para el control del sistema a implementar es el Sistema Integrado de Control y Regulación de Proceso, este es un sistema autómatas muy versátil diseñado para requerimientos de control de gama

media o alta que se encarga de recibir las señales del sensor que determina el paso de cada varilla, este sensor funciona como una señal de control para el incremento del contador y una vez alcanzado el número deseado de varilla, preestablecido por el operador, el sistema debería indicarlo con una alarma visual y otra sonora.

El conteo del sistema debe ser visible por medio de un indicador luminoso o pantalla, la cual debe ser grande y fácilmente visible porque deberá ubicarse a unos pocos metros de donde se encontrará laborando el operario, para lo que se escoge una pantalla de mensajes de tipo LED. El sistema que se plantea, dados los requerimientos esperados y como parte del período de prueba, tendría al operario haciendo un conteo visual de manera que este pueda corroborar el conteo en el indicador luminoso instalado y su cuenta personal. El operario tiene la capacidad de modificar el conteo del sistema en caso de que su conteo visual difiera del realizado por el contador electrónico. El número de varillas debería estar programado y este sería fijado con anterioridad por el operador al definir de forma previa el tipo de varilla que está en producción. El contador puede reiniciar el conteo automáticamente o también el operario puede también realizar esta labor por medio de la interfaz establecida.

Toda la interfaz se deberá implementar de manera que pueda ser fácilmente accesible al usuario sin necesidad de moverse demasiado desde el punto donde se encuentra contando el paso de las varillas. La interfase contará con un sistema para el incremento y decremento manual de la cuenta además del reinicio de conteo, todos estos implementados mediante botones y/o pedales. Para el caso del selector de tipo de varillas deberá ser de fácil utilización, el tipo de varilla se seleccionará con anticipación para lo que se usaría una pantalla sensible al tacto.

Para las salidas se deberán implementar las alarmas luminosas y sonoras. Para ellas se debe tomar en cuenta los factores que imperan en la planta, ruido, temperatura y distancia al operador, para que esté sea apreciado fácilmente por el operario. Además de estas alarmas la pantalla que indicará el número del conteo es otra salida del sistema

En electrónica es frecuentemente necesario contabilizar eventos y por tanto se requiere utilizar un contador, en nuestro caso se tratará de un contador electrónico mediante el conteo de los pulsos eléctricos. Un contador electrónico básicamente consta de una entrada de impulsos que se encarga de conformar, de manera que el conteo de los mismos no sea alterado por señales no deseadas, las cuales pueden falsear el resultado final. Estos impulsos son acumulados en un contador propiamente dicho cuyo resultado, se presenta mediante un visor que puede estar constituido por una serie de sencillos dígitos de siete segmentos o en su caso mediante una sofisticada pantalla de plasma.

Los sensores son dispositivos electrónicos diseñados para transformar las magnitudes de las variables físicas del entorno en señales que puedan ser interpretadas por sistemas de centrales de control. Los sensores por lo tanto son transductores que convierten una característica física en otra diferente para ser más fácilmente interpretada.

El sensor utilizado para el sistema es de carácter fotoeléctrico. Estos sensores cuentan con un emisor, un receptor de luz, lentes y un dispositivo de salida.

El emisor de luz es diseñado comúnmente a partir de un indicador LED, los cuales trabajan en un amplio margen de temperatura y son resistentes a golpes y vibraciones. En el caso de los receptores se utilizan fotosensores principalmente basados en fotodiodos y fototransistores, ya que estos son componentes semiconductores que conducen corriente eléctrica dependiendo de la cantidad de luz detectada. Estos fotosensores son más sensibles a ciertas longitudes de onda, por lo que para mejorar la detección y sensibilidad se deben acoplar espectralmente con la longitud de onda del LED emisor.

3.1.3 SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial es la captación y el análisis automático de imágenes con el fin de controlar y verificar un proceso o una actividad específica. Es una tecnología que integra aplicaciones informáticas, ópticas y electrónicas, el cual permite mejorar la producción, bajar costos e incrementar la seguridad laboral.

La visión artificial es la adquisición de imágenes y su análisis e interpretación posterior con el fin de obtener la información necesaria para controlar una máquina o un proceso industrial. La extracción de la información de un objeto o una escena en una o más imágenes se realiza de forma automática y sin establecer contacto físico con el objeto.

El análisis de las imágenes obtenidas permite detectar en un objeto características físicas invisibles al ojo humano o establecer o comprobar alguna propiedad o medida predeterminada.

Para la industria, la visión artificial incrementa la calidad y la seguridad de los procesos de fabricación, esta técnica tiene muchas aplicaciones. Se utiliza especialmente en el control de calidad, la manipulación de materiales, la ordenación por calidades, la calibración de aparatos y la monitorización de procesos.

La ventaja de estos sistemas con respecto a una inspección manual se caracteriza principalmente por tres parámetros: Figura 3.5.

- Mayor velocidad de muestreo
- Mayor exactitud en el análisis
- Repetibilidad en la forma de análisis

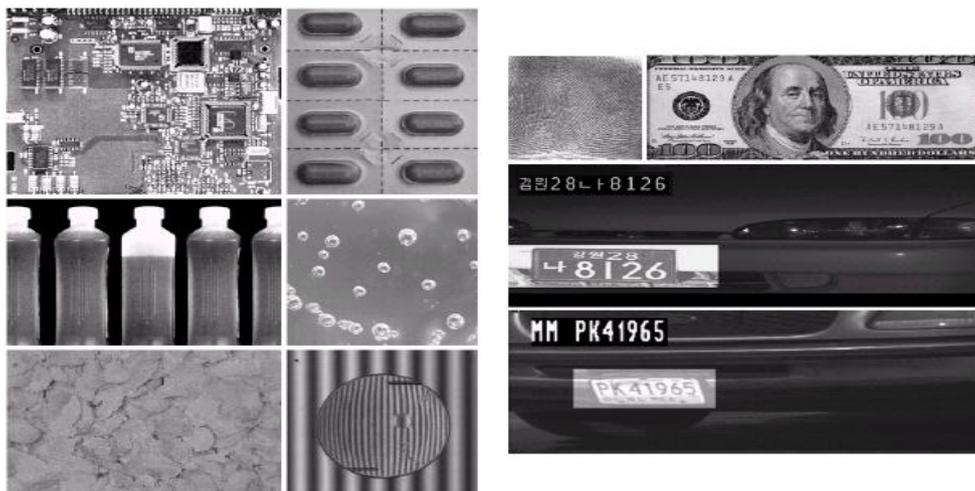


Figura 3.5. Ejemplos de aplicación de Visión Artificial

Un sistema de visión artificial se compone básicamente de los siguientes elementos:

3.1.3.1 Fuente de luz:

La fuente de luz es un factor de vital importancia en los sistemas de visión artificial y afectan de forma crucial a los algoritmos de visión que se vayan a utilizar bajo esas condiciones. Una iluminación arbitraria del entorno no suele ser aceptable ya que muy probablemente se obtengan imágenes con un bajo contraste, reflexiones especulares, además de sombras y detalles espurios. Los objetivos de una iluminación adecuada son, básicamente, independizar las condiciones del entorno y resaltar los rasgos de interés de una determinada aplicación.

3.1.3.2 Tipos de iluminación.

Es un factor extremadamente importante, donde su objetivo es realizar un máximo contraste en la región de interés. Así como el de eliminar factores ambientales: luz del día, polvo, vibración, orientación del objeto, etc. Su principal objetivo es el de eliminar reflejos para lo cual se utilizan las siguientes técnicas de iluminación:

- Iluminación posterior (backlight).
- Iluminación Frontal Oblicua y Direccional.
- Iluminación Frontal Axial (difusa).
- Iluminación de Día Nublado (cloudy day illumination, CDI).
- Iluminación de Campo Oscuro (dark field).
- Array de luces.
- Iluminación de campo claro (o brillante).

3.1.3.3 Tarjeta de captura o adquisición de imágenes:

Es la interfaz entre el sensor y la computadora o módulo de proceso que permite al mismo disponer de la información capturada por el sensor de imagen.

- **Aspectos importantes en el elemento de adquisición:** velocidad de transmisión, el formato de los datos, la profundidad de píxel, la capacidad de captura por disparo, la capacidad de pre-procesado de la imagen, la velocidad de transferencia de la imagen de la memoria de la tarjeta a la memoria de la computadora, el reset asíncrono o la capacidad de controlar

parámetros de la cámara en tiempo real. Evidentemente, todos los datos relativos a velocidades de transmisión son especialmente importantes para poder trabajar en tiempo real.

3.1.3.4 Algoritmos de análisis de imagen:

Es la parte inteligente del sistema. Su misión consiste en aplicar las transformaciones necesarias y extracciones de información de las imágenes capturadas, con el fin de obtener los resultados para los que haya sido diseñado. Los pasos más comunes en qué consiste el análisis o procesamiento de imagen se muestran en la figura 3.6.

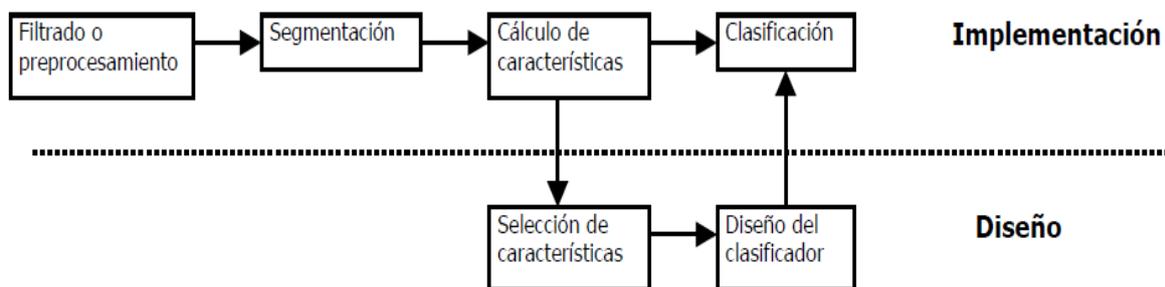


Figura 3.6. Esquema de algoritmo de análisis de imagen

3.1.3.5 Reconocimiento de formas e inteligencia artificial

Normalmente, la visión artificial se utiliza para tomar decisiones a partir de la información proporcionada por el sistema de adquisición de imágenes y las transformaciones y operaciones realizadas con ellas. La información extraída se puede considerar como un vector que recoge las características o rasgos diferenciadores de la imagen analizada. En el caso de que se trate de una aplicación de medición, este vector recoge todas aquellas medidas que se deseaban obtener. En aplicaciones de inspección, y sobre todo, en aplicaciones de clasificación, este vector es el conjunto de datos con los que ha de trabajar un reconocedor o clasificador encargado de extraer las conclusiones posibles a partir

del vector de entrada. Para el diseño del clasificador es necesaria una etapa de selección de características y una etapa de aprendizaje o entrenamiento.

En el reconocimiento de formas aplicado a la visión artificial se utilizan técnicas de reconocimiento geométrico de formas, como el aprendizaje supervisado (se conoce la clase a la que pertenece cada vector) en condiciones estadísticas o algoritmos de clasificación no supervisados y, además, las redes neuronales, siendo estas últimas especialmente interesantes por su capacidad de aprendizaje adaptativo. Existen numerosos algoritmos para cada una de estas técnicas y se investiga ampliamente el desarrollo de nuevos algoritmos e implementaciones de hardware.

3.1.4 NI Smart Camera

National Instruments ha sido líder en visión artificial con un amplio rango de productos de hardware, incluyendo el Sistema Compact Vision de NI para procesamiento embebido de imágenes y sostenedores PCI Express y PXI para la adquisición de imágenes de miles de cámaras diferentes. National Instruments está expandiendo su oferta en hardware de productos de visión con la Cámara Inteligente NI. Una cámara inteligente es una combinación de un sensor de imágenes y un procesador de alto rendimiento que arroja resultados de inspección en vez de imágenes. Mientras que una cámara industrial típica adquiere y transmite imágenes a través de un bus estándar, hacia un servidor de PC o a un sistema de visión que procesa las imágenes, una cámara inteligente desempeña todas las operaciones directamente en la cámara.



Figura 3.7 NI Smart camera

Las Cámaras Inteligentes NI son ideales para aplicaciones industriales de visión, incluyendo inspección de empaçado, verificación de ensamblado, lectura de códigos en 1D o 2D, así como guía de motricidad. Las Cámaras Inteligentes NI reducen costo y tiempo de inspección al procesar imágenes en la cámara con un procesador PowerPC capaz de ejecutar el Vision Builder de NI para software de Inspección Automatizada (AI), incluida con las Cámaras Inteligentes NI, o el modulo Real-Time LabVIEW de NI y el paquete completo de los algoritmos de visión de NI.

Las Cámaras inteligentes de NI están diseñadas para integrar fuertemente a la familia de controladores de automatización programable e interfases de maquina humana. Ahora un solo Proyecto LabVIEW puede contener VIs para inspección de Cámara Inteligente NI junto con el código para control de movimiento, adquisición de datos, e interfases de operación.

3.1.4.1 Características de las Cámaras 1722 y 1742

- Sensor de imágenes CCD monocromático con resolución VGA (1280x1024).
- Procesadores PowerPC de 400 MHz (1722 de NI) y 533 MHz (1742 de NI)
- E/S digitales aisladas incluidas
- Puertos Gigabit Ethernet Duales
- Software AI Vision Builder

3.2 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

De acuerdo con el estudio e investigación de las alternativas de los contadores sean mecánicos o automáticos que se encuentran vigentes a nivel mundial y que son utilizadas por otras empresas, se ha llegado a formar una matriz de selección para el desarrollo del diseño del sistema de conteo de varillas, el cual servirá para ayudar a la selección del diseño más óptimo, partimos de parámetros establecidos por nosotros, basados en satisfacer la necesidad de la empresa.

Para la escala de selección de la matriz tenemos los siguientes valores del 1 al 10, siendo 10 el valor más alto y conveniente.

Tabla 3.1 Matriz de selección

	Sistema de Tornillo sin fin	Sistema de Contador electrónico	Sistema de Visión Artificial
Costo de implementación	6	7	9
Disponibilidad de equipo	5	7	9
Espacio de montaje	7	7	10
Confiabilidad al contar	7	6	9
Tecnología	7	7	9
Mantenimiento	7	7	10
Facilidad de repuestos	5	8	8
Tiempo de respuesta	8	7	9
Velocidad de procesamiento	8	8	9
Asesoría técnica	7	7	8
Total	67	79	90

Las condiciones que hemos tomado como principales y más importantes son el costo de implementación, el espacio físico para montaje, la confiabilidad para realizar el conteo, el mantenimiento y la facilidad de repuestos.

De las alternativas mencionadas y especificadas anteriormente, la solución adecuada y viable para el desarrollo y elaboración del proyecto, es mediante la utilización de un sistema de visión artificial moderno, que consta de la elaboración de un programa en LabVIEW, ya que este lenguaje de programación al ser gráfico es fácil de comprender y amigable con el usuario. Las cámaras inteligentes NI Smart, se encargan de adquirir y procesar las imágenes, estas cámaras son distribuidas por la National Instrument, para complementar el contador, se realizara el diseño del sistema mecánico de separación de varillas, el cual estará directamente relacionado con el primera cámara en la mesa de enfriamiento.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Basados en la visita técnica que se realizó a la empresa, se estudió la factibilidad, problemas, ventajas, que tendrá el proyecto para su desarrollo se planificó llevarlo mediante etapas, a continuación se explica las soluciones que fueron encontrados mientras el proyecto avanzaba:

Primera fase

La primera fase del proyecto, consta del desarrollo de la programación de las cámaras en el software de Visión de LabView, pruebas y calibración de estas, esto se realiza en la báscula de producto terminado, para lo cual el lote de varillas debe estar atado correctamente, esta debe localizarse lo más extremo posible del lote, para garantizar que todas las varillas se encuentren juntas. Para que la cámara pueda adquirir la imagen sin problema como se muestra en la figura 3.8, esto facilita el procesamiento y digitalización de la imagen.



Figura 3.8. Imagen adquirida por la NI Smart Camera

El problema en la báscula es la iluminación del ambiente, como se muestra en la figura 3.8, donde se puede observar el fondo, cuya intensidad confunde a la adquisición y procesamiento de la imagen para eliminar los reflejos se utiliza una cortina oscura sostenida por un soporte.

Así también se pintaron las varillas y se utilizó la iluminación de 2 reflectores halógenos de 500 W, con lo que las imágenes mejoraron significativamente figura 3.9.

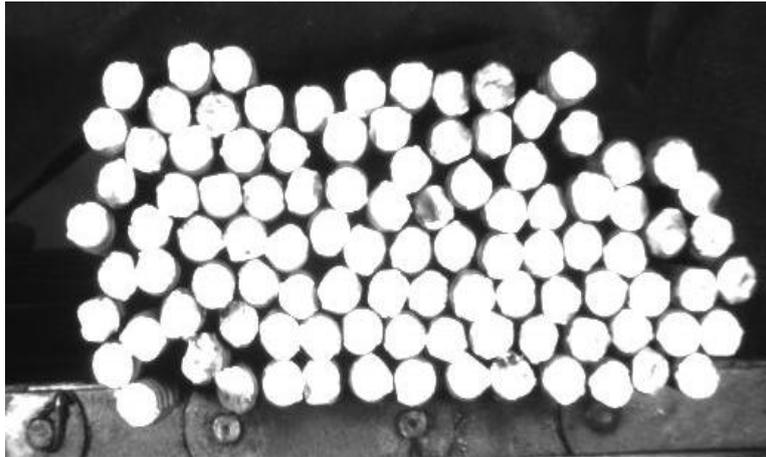


Figura 3.9 Imagen sin luz de fondo

A continuación en la figura 3.10, se muestra un esquema de una vista lateral del lugar donde se proyecta instalar el sistema de visión artificial, al momento que se realiza la verificación por peso del lote de varillas, la cámara adquiere la imagen la procesa y envía los resultados al computador del operario.



Figura 3.10. Cámara en la báscula de pesaje de varillas

La distancia focal juega un papel importante al momento de cuadrar y calibrar la cámara. El ángulo de visión de trabajo de la cámara depende del diámetro de la varilla que se encuentre laminando en ese momento, para cual se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{SS}{FL} = \frac{FOV}{D}$$

$$FOV = \frac{SS}{FL} D$$

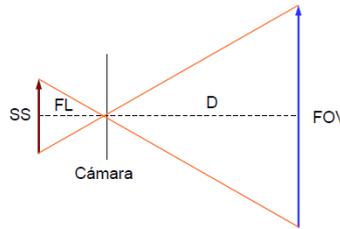


Figura 3.11. Relación de FOV y D

Donde:

SS: Tamaño del sensor

FL: Distancia focal

FOV: Campo de visión de trabajo

D: Mínima distancia de trabajo

Para garantizar un óptimo funcionamiento del programa de conteo de la cámara, se debe realizar pruebas en todas las condiciones de trabajo que se presenten en la empresa, es decir, durante todo el día los tres turnos, así mismo con cambios climáticos que se presenten.

Segunda fase

La segunda fase del proyecto comprende la programación y calibración de la cámara en el software de Visión de LabView, que se encargara del conteo una por una de las varillas en la mesa de enfriamiento, la cual reemplazara a los operarios con el fin de salvaguardar su integridad, cumpliendo con el propósito de evitar el menor contacto entre los operarios y las varillas, ya que estas han demostrado ser un peligro, a pesar que usan indumentaria de seguridad industrial, puesto que las varillas se encuentran a altas temperaturas, tienen filos expuestos, y la manipulación permanente de estas puede ocasionar lesiones con el paso de los años. Figura 3.11



Figura 3.12. Mesa de enfriamiento

El objetivo de esta cámara de conteo, es aumentar la precisión y exactitud, así como optimizar el tiempo en la producción. El desarrollo del sistema de visión artificial, la programación se la realizara por ciclos, en las cuales se desarrollaran pruebas de funcionamiento variando las velocidades de las cadenas. En la figura 3.13, siendo un esquema de una vista superior se observa la ubicación de la cámara, la cual realizara el conteo al momento que las varillas pasen por la mesa de enfriamiento.



Figura 3.13. Cámara en la mesa de enfriamiento

Tercera Fase

Esta fase comprende el diseño del sistema mecánico de separación figura 3.14, para obtener los cálculos se utilizan los programas Mathcad, MDsolids, así como los programas de dibujo técnico AutoCad y SolidWords,

La correcta selección de los materiales para utilizarse en el mecanismo de separación es de vital importancia en el diseño, con lo que se garantiza que el sistema mecánico no colapse al momento de su montaje, para evitar estos inconvenientes se realizan animaciones, así como el uso de factores de seguridad conservadores, garantizando el funcionamiento del mecanismo.

Esta fase es la que más tiempo lleva el diseño, ya que se debe trabajar con varias posibilidades en materiales, formas de diseño y criterios. Para lo cual se utiliza libros relacionados directamente con el diseño de elementos de maquinas.

Aquí se diseñan los ejes, las chavetas, rodamientos, los pernos de sujeción y se desarrollan los planos del mecanismo listos para su construcción.

El mecanismo separador trabaja conjuntamente con la segunda cámara, que se encuentra en la mesa de enfriamiento conlleva gran precisión y exactitud, para obtener una sincronización exacta, al momento que la cámara terminar de contar esta acciona la central hidráulica la cual activa las válvulas y esta los pistones con lo que el eje mueve las uñas y levantan las varillas.

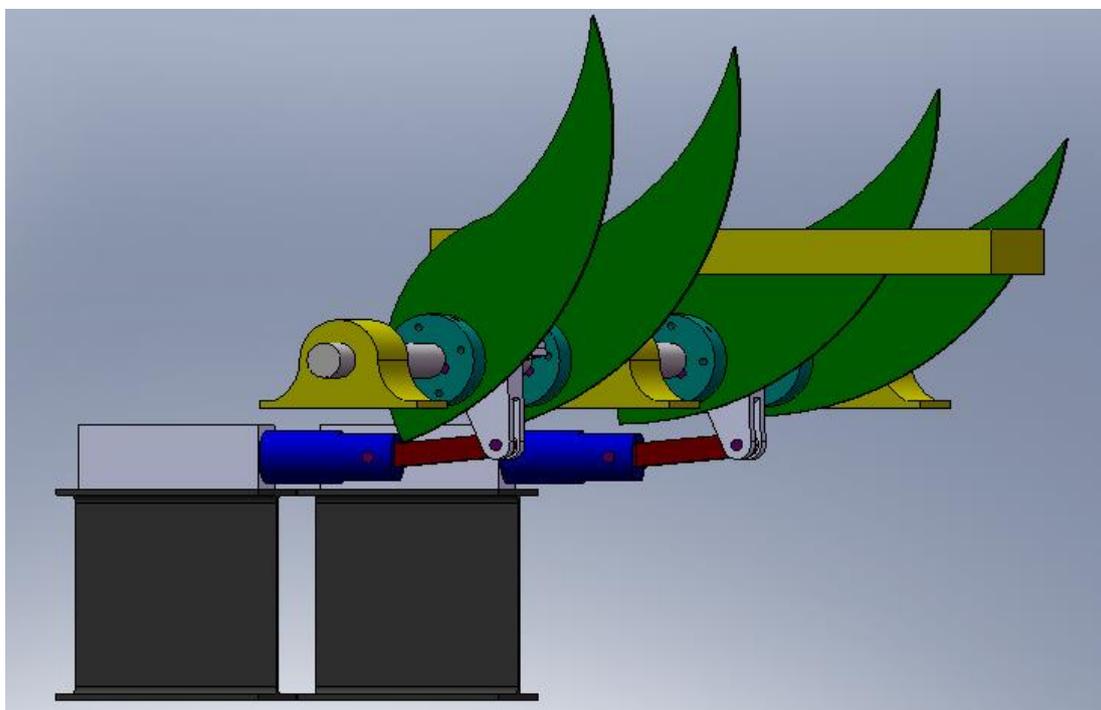


Figura 3.14. Esquema de separador mecánico

3.2.2 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES

A continuación se dan ciertas sugerencias y recomendaciones para obtener un óptimo funcionamiento del sistema automático de conteo y verificación de las varillas.

Para garantizar un conteo rápido y exacto se recomienda retirar las varillas que no cumplan con las especificaciones de calidad que maneja la empresa. Este trabajo puede realizar el operario que es reemplazado por la cámara.



Figura 3.15. Varilla que no cumple con la calidad

Al momento de obtener las varillas de forma uniforme, alineadas y paralelas como se muestra la figura 3.16. Se garantiza el conteo de las varillas de forma individual con que se puede tener un grado de confiabilidad alto.



Figura 3.16. Varillas de calidad

Otro parámetro muy importante para el funcionamiento del sistema de conteo, es tener confiabilidad en la maquina que se encarga de atar los lotes de varilla, ya que en la visita técnica realizada, dicha maquina tuvo un percance, ocasionando una acumulación de varillas en la mesa de enfriamiento, este suceso podría entorpecer el funcionamiento del sistema automático de visión artificial.



Figura 3.17. Reparación del atador de varillas

Como se explico anteriormente al momento de realizar el atado se debe evitar en lo posible que las varillas se encuentren dispersas, esto dificulta que la cámara las enfoque de manera adecuada.

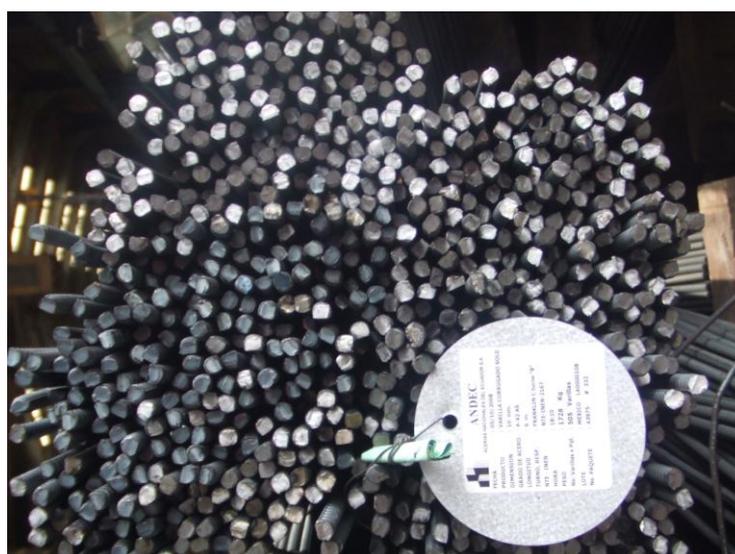


Figura 3.18. Lote de varillas de 8 mm.

3.2.2.1 Separador Mecánico

Longitud: Aproximadamente 12 metros que es la longitud de las varillas.

Velocidad de giro de la manivela: No se requiere una velocidad muy alta ya que los cortes de varillas vienen separados por un tiempo prudencial (1/2 minuto aproximadamente dependiendo del diámetro de varilla).

Solo se requiere un accionamiento del mecanismo por lo tanto se diseñara para una velocidad aproximada de 6 revoluciones por minuto ($36^\circ/\text{s}$ aprox. 0.625 rad/s). Es una velocidad baja, que satisface nuestra necesidad.

Número de uñas Separadoras: Se colocaran 12 uñas, que se elevaran de manera gradual y desfasada 10° con el fin de separar las varillas que se encuentren montadas.

Peso a mover: El peso total a separar será determinado en los cálculos.

Número de Pistones: Se colocara un pistón por eje el mismo que moverá dos uñas separadoras. La fuerza, carrera y demás datos necesarios para seleccionar los pistones serán obtenidos de los cálculos que realizamos a partir de estos parámetros.

Los elementos necesarios para que el mecanismo separador funcione apropiadamente (acoples, transmisores de movimiento, etc.) serán diseñados y los materiales serán seleccionados en base a los cálculos que sean requeridos.

Los resultados serán presentados en un plano de conjunto en la sección de anexos (10), se recomienda ver el plano para tener una idea clara del diseño del mecanismo.

3.2.2.2 Programación de la Smart Camera

Se colocaran dos cámaras una realizara el conteo en línea y la segunda una verificación cuando el paquete se encuentra atado y pesado.

El programa que será descargado en la primera cámara para el conteo en línea, debe estar en capacidad de identificar la presencia de varillas en la imagen

capturada y determinar el número de varillas que ingresan, realizando un conteo en vivo de las mismas, emite dos señales de salida una vez completo el paquete y al momento de reiniciar el conteo desde cero.

El segundo programa que controlara la verificación del número de varillas debe estar en capacidad de identificar el número de varillas existentes en el paquete, y presentar el valor en una pantalla.

3.2.2.3 Sistema de conteo en línea

El separador mecánico debe estar alineado con la SMART CAMERA (tabla 3.2) que realizara el conteo en línea, de esta manera cuando por medio del programa descargado previamente en la misma, se alcance el número de varillas deseado por lote, se enviara una señal desde la cámara hacia el Optional Terminal Block, el cual transmitirá las señales de salida hacia los relés que controlaran las válvulas y los pistones hidráulicos. La Smart Camera que se utilizara en el conteo en línea es la 1722 que tiene las siguientes características:

Tabla 3.2 Características técnicas NI 1722

Comparación del Hardware		NI 1722
Configuración del Procesador	Procesador	400 MHz Power PC
	Coprocador	—
Memoria	Memoria del Sistema	128 MB
	Firmware y Almacenamiento de Control	128 MB
Sensor de Imagen	Resolución	640x480
	Tamaño de Imagen	1/3 in. CCD
	Ancho de Pixel	8-bit
	Color	—
	Tasa de Adquisición (Cuadros por Segundo)	60 cps
	Adquisición Parcial de Imagen	√
Despliegue		Interfaz Web
Opciones E/S	TTL E/S	1
	Entrada digital Aislada	2
	Salida digital Aislada	2
	Entrada Codificada	—
	Interrupción E/S	√
	Soporte para E/S Ethernet	√
Opciones de Comunicación	Ethernet	2X 10/100/1000
	RS232	√
Iluminación	Control de Iluminación Externo	√
	Integrado de control de luz y potencia	—
Desarrollo de Aplicaciones	Incluye software de configuración	Vision Builder AI
	Opción de software programable	LabVIEW
Rango de Temperatura de Operación	Camera	0 a 45° C
Material de Cubierta		Metal

Las señales que serán enviadas desde la cámara hacia el Optional Terminal block y transmitidas por este hacia los relés son de 24 V que es el voltaje con el cual trabaja la cámara, los relés y las válvulas.

3.2.2.4 Sistema de Verificación

La iluminación juega un papel extremadamente importante en la visión artificial, por lo que debemos eliminar factores que incidan en la misma como son los reflejos y sombras que perjudican nuestra imagen por lo tanto se colocara una cortina de color oscuro como se indica en la (Tabla 3.3), para eliminar la incidencia de la luz externa posterior.

Tabla 3.3 Características Técnicas NI 1742

Comparación del Hardware		NI 1742
Configuración del Procesador	Procesador	533 MHz Power PC
	Coprocesador	—
Memoria	Memoria del Sistema	128 MB
	Firmware y Almacenamiento de Control	128 MB
Sensor de Imagen	Resolución	640x480
	Tamaño de Imagen	1/3 in. CCD
	Ancho de Pixel	8-bit
	Color	—
	Tasa de Adquisición (Cuadros por Segundo)	60 cps
	Adquisición Parcial de Imagen	√
Despliegue		Interfaz Web
Opciones E/S	TTL E/S	1
	Entrada digital Aislada	2
	Salida digital Aislada	2
	Entrada Codificada	√
	Interrupción E/S	√
	Soporte para E/S Ethernet	√
Opciones de Comunicación	Ethernet	2X 10/100/1000
	RS232	√
Iluminación	Control de Iluminación Externo	√
	Integrado de control de luz y potencia	√
Desarrollo de Aplicaciones	Incluye software de configuración	Vision Builder AI
	Opción de software programable	LabVIEW
Rango de Temperatura de Operación	Camera	0 a 45° C
Material de Cubierta		Metal

Se colocaran reflectores conectados independientemente y en dirección a la parte frontal del lote de varillas con la finalidad de mejorar la imagen a adquirir y facilitar el procesamiento y segmentación de la misma.

Los reflectores a colocar serán de 500 watts y estarán colocados a ambos lados de la SMART CAMERA que para este caso utilizaremos la 1742 que tiene las siguientes características:

La cámara estará energizada por medio del Power Supply y conectada a la computadora por medio de un cable de Ethernet.

3.2.2.5 Tiempo empleado por el mecanismo separador:

Tabla 3.4 Tiempos operativos del mecanismo separador

t	α	Eje 1		Eje 2		Eje 3	
		θ_1	θ_4	θ_5	θ_8	θ_9	θ_{12}
0	60	10	-20	10	-20	10	-20
0,28	70	20	-10	10	-20	10	-20
1	95,8	45,8	15,8	10	-20	10	-20
1,28	105,8	55,8	25,8	20	-10	10	-20
2	131,6	81,6	51,6	45,8	15,8	10	-20
2,28	141,6	91,6	61,6	55,8	25,8	20	-10
3	167,4	117,4	87,4	81,6	51,6	45,8	15,8
4	167,4	117,4	87,4	117,4	87,4	81,6	51,6
5	167,4	117,4	87,4	117,4	87,4	117,4	87,4
6	131,6	81,6	51,6	81,6	51,6	81,6	51,6
7	105,8	45,8	15,8	45,8	15,8	45,8	15
8	70	10	-20	10	-20	10	-20

	Las uñas entran en contacto con las varillas
	Se accionan los pistones

θ Es el ángulo de elevación de las uñas respecto a la horizontal.

3.2.2.6 Cálculo de la distancia de instalación de la cámara

Las cámaras NI 1742 y NI1722 utilizan un sensor monocromático SONY ICX424AL formato de 1/3 de pulgada y 640 X 480 píxel, cada píxel de 7.4 um X 7.4 um. La dimensión de la porción sensitiva a la luz del sensor es 4.736 mm en la dirección horizontal y 3.552 mm en la dirección vertical.

$$FOV = \frac{SD \times WD}{FL} \quad \text{Formula sacada del NI VISION Concept Manual Pág. 44}$$

FOV: Campo de visión

SD: Tamaño del sensor

FL: Distancia focal del lente.

WD: Distancia de trabajo

Se ha realizado un promedio del tamaño del paquete de varillas y estos son los resultados:

Horizontal: 330 mm

Vertical: 250 mm

Se dará una tolerancia de 200 mm por cada dirección, por lo que las nuevas distancias serán:

Horizontal: 530 mm

Vertical: 450 mm

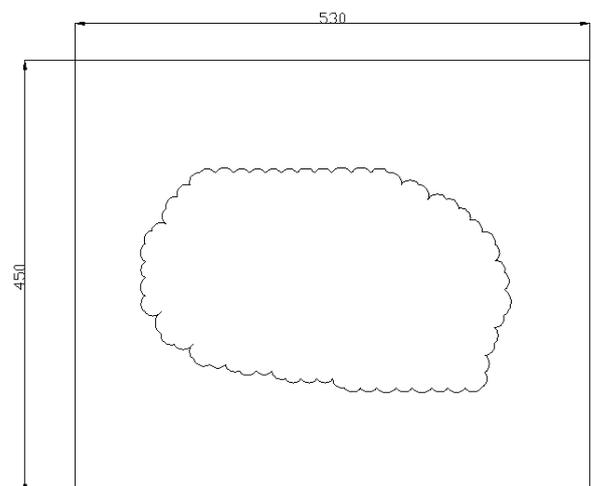
VERTICAL

$$FOV = 450mm$$

$$SD = 3.552mm$$

$$FL = 8mm$$

$$WD = \frac{FOV \times FL}{SD}$$



$$WD = \frac{450 \times 8}{3.552}$$

$$WD = 1013.5mm$$

HORIZONTAL

$$FOV = 530mm$$

$$SD = 4.736mm$$

$$FL = 8mm$$

$$WD = \frac{FOV \times FL}{SD}$$

$$WD = \frac{530 \times 8}{4.736}$$

$$WD = 895.27mm$$

De estos resultados obtenemos la distancia mínima entre la SMART CAMARA y la cara transversal del lote de varillas en el pesaje. **D = 1,1 m**