

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

# FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE TALLOS DE PALMITO UTILIZANDO CÁMARA CON VISIÓN ARTIFICIAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

IVÁN FABRICIO CISNEROS FLORES

ivanc\_hmks@hotmail.com

**DIRECTOR: MSc. Yadira Bravo** 

yadira.bravo@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2013

# **DECLARACIÓN**

Yo, Iván Fabricio Cisneros Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Iván Fabricio Cisneros Flores

# **CERTIFICACIÓN**

Certifico que Flores, bajo m		fue	desarrollado	por	Iván	Fabricio	Cisneros
				M	 Sc. Y	adira Bra	
			DI			DEL PR	

# **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Ingeniero Carlos Romero, Gerente General de Disbaneiro Cía. Ltda. por permitirme realizar el presente proyecto para su empresa, además de su cooperación en todo momento.

Al Ingeniero Rolando Gutiérrez, Gerente de Planta de INAEXPO C.A., y en general a las personas que forman parte de la planta por su apertura y colaboración en la ejecución del proyecto.

A mi directora del proyecto de titulación MSc. Yadira Bravo por su aporte y recomendaciones.

Iván Cisneros

# **DEDICATORIA**

A mis padres Hugo y Moni que siempre han estado a mi lado a lo largo de mi vida, brindándome su apoyo, comprensión y cariño, que los triunfos que se obtengan en el camino únicamente se consiguen a base de esfuerzo, sacrificio y amor propio, y que las caídas sirven para levantarse con mucha más fuerza para seguir luchando.

A mis hermanos Kevin y Santi por su cariño, y a mi abuelita Lola que en paz descanse que de seguro está muy orgullosa desde el cielo.

Iván

# **CONTENIDO**

CAPÍTUL	_O 1	1
1.1 SII	EMBRA Y COSECHA DEL PALMITO	
1.1.1	AGROECOLOGÍA 1	
1.1.2	SIEMBRA	
1.1.3	MANTENIMIENTO	
1.1.4	COSECHA4	
1.2 PF	ROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PALMITO 5	
1.2.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE INAEXPO 5	
1.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN 8	
1.3 CA	ALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO13	
1.3.1	MÉTODO ANTIGUO DE CALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO13	
1.3.2	NUEVO MÉTODO DE CALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO14	
1.3.3	APROVECHAMIENTO DEL TALLO DE PALMITO15	
1.3.4	CALIDAD REQUERIDA DEL TALLO DE PALMITO16	
1.3.5	IMPORTANCIA DEL MÉTODO ACTUAL16	
1.4 VI	SIÓN ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA19	
1.4.1	INSPECCIÓN19	
1.4.2	GUÍA20	
1.4.3	IDENTIFICACIÓN20	
1.5 SE	NSORES Y SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL COGNEX21	
1.5.1	DATAMAN (IDENTIFICADOR DE PRODUCTOS)21	
1.5.2	CHECKER (SENSOR DE VISIÓN)22	
1.5.3	CÁMARAS IN-SIGHT (SISTEMA DE VISIÓN)23	
1.6 CF	RITERIOS DE SELECCIÓN24	
17 DF	SCRIPCIÓN DEL PROYECTO 26	

C	APÍ1	ΓUL	O 2	28	3
	2.1	DES	SCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	28	
	2.2	DES	SCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA EXISTENTE	29	
	2.3	DES	SCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	29	
	2.3	.1	BANDA TRANSPORTADORA	30	
	2.3	.2	MOTOR-REDUCTOR	30	
	2.4	DES	SCRIPCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL	31	
	2.4	.1	CÁMARA COGNEX	31	
	2.4	.2	ILUMINACIÓN	34	
	2.4	.3	SENSOR INDUCTIVO	35	
	2.5	DIS	SEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	35	
	2.5	.1	COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL	36	
C	APÍ1	ΓUL	O 3	4	5
	3.1	PR	OGRAMACIÓN EN IN-SIGHT EXPLORER 4.6	45	
	3.1	.1	EASYBUILDER	46	
	3.1	.2	SPREADSHEET	51	
	3.1 PAI		PROGRAMACIÓN PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE TALLO		
	3.2	ENI	LACE DE DATOS CON IN-SIGHT OPC SERVER	76	
	3.3	DES	SARROLLO DE LA INTERFAZ DE USUARIO	80	
	3.3	.1	BOTONES	80	
	3.3	.2	CUADRO DE DIÁLOGO	81	
	3.3	.3	DESPLIEGUE DE MENSAJES	82	
	3.3	.4	ASISTENTE	84	
	3.3	.5	DATOS QUE SE VISUALIZAN EN LA INTERFAZ	85	
	3.3	.6	ARRANQUE DEL SISTEMA	86	
	3.3	.7	DESARROLLO DE LA TABLA DE PRECIOS	87	
	3.3	.8	VENTANAS Y OPERACIÓN EN LA INTERFAZ DE USUARIO	89	

3.4 PF	ROGRAMACIÓN EN VBA DE MS EXCEL 2007	95
3.4.1	ENLACE DE DATOS DE MS EXCEL CON IN-SIGHT OPC SERV	VER95
3.4.2	GENERACIÓN DE TABLA DE DATOS Y ARCHIVO PLANO	96
3.4.3	DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA VBA	98
3.5 PF	ROGRAMACIÓN DE PLC	99
3.5.1	LÓGICA DE CONTROL	99
3.5.2	DISEÑO DEL PROGRAMA DEL PLC	99
CAPÍTUI	LO 4	103
4.1 PF	RUEBA DE COMUNICACIÓN CÁMARA-PC	103
4.1.1	CONFIGURACIÓN DE RED	103
4.1.2	PRUEBA DE IMAGEN	105
4.2 PF	RUEBA DEL TABLERO DE CONTROL	106
4.2.1	PRUEBA DE SENSOR INDUCTIVO	106
4.2.2	PRUEBA DE ARRANQUE/PARO DE BANDA TRANSPORTADO	)RA107
4.2.3	PRUEBA DE SALIDAS DIGITALES DE CÁMARA	107
4.3 A	JUSTES PARA MEDICIÓN DE LA CÁMARA	108
4.3.1	DETECCIÓN DE BORDES	108
4.3.2	LÍMITES	110
4.4 PF	RUEBA DE GENERACIÓN DE DATOS Y ARCHIVOS PLANOS	110
4.4.1	VERIFICACIÓN IN-SIGHT OPC SERVER	110
	VERIFICACIÓN DE GENERACIÓN DE DATOS EN MS	
4.5 RI	ESULTADOS	112
CAPÍTU	LO 5	115
5.1 C	ONCLUSIONES	115
5.2 RI	ECOMENDACIONES	117
REFERE	NCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	3	120

# RESUMEN

En este proyecto se ha diseñado e implementado un sistema de medición de tallos de palmito con visión artificial, el sistema fue implementado acorde a los requerimientos de la planta INAEXPO debido a que la planta deseaba cambiar el modo de pago a sus proveedores para de esta manera pagar de acuerdo al número de piezas que se van a obtener del tallo de palmito útil. Por esta razón, era necesario conocer la medida del largo de los tallos, para que según estos datos, se establezcan el número de piezas y a su vez el precio que se le cancelará al productor.

Cierta cantidad de tallos de palmito previamente revisados y cortados para únicamente obtener el tallo útil, son ingresados en la banda transportadora con perfiles transversales únicos una vez habilitada por el operador que maneja la interfaz en el computador.

Cuando empiezan a circular los tallos, la cámara de visión artificial adquiere la imagen y con los parámetros calibrados en su entorno de programación se obtendrá la medida de cada tallo.

Los datos de las medidas que se van generando en el entorno de programación de la cámara se acumulan en una hoja de cálculo de Ms Excel para que una vez finalizada la medición, crear un archivo plano con estos datos requeridos por la planta y hacer el pago a los agricultores de acuerdo a la medida promedio del tallo de palmito útil.

# **PRESENTACIÓN**

Con la realización de este proyecto se puede establecer las medidas de cada uno de los tallos de palmito mediante una cámara con visión artificial COGNEX, además de generar archivos planos con los datos de las respectivas medidas los mismos que son necesarios para el pago del proveedor.

En el primer capítulo se explica la siembra, cosecha y el proceso de producción del palmito en la planta INAEXPO, se indica el método de calificación de tallos de palmito para el pago a los agricultores y la importancia que conlleva la realización del proyecto.

Posteriormente se realiza una explicación con las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria, así como de las cámaras COGNEX, sus productos y sus principales características para en base a esto realizar la selección adecuada del elemento de visión artificial, culminando con la descripción del proyecto.

En el segundo capítulo se describe los distintos componentes del sistema de medición de tallos de palmito, sus requerimientos y características. Se describe el sistema de transporte, el montaje del sistema de visión artificial y el tablero de control.

En el tercer capítulo se explica acerca de la programación en el entorno In-Sight de la cámara de visión artificial, en VBA para la adquisición de datos en Ms Excel y acerca de la programación del PLC utilizado en el tablero de control.

En el cuarto capítulo se describen las pruebas realizadas del sistema, la calibración de la cámara para obtener las medidas de los tallos y los resultados logrados del proyecto.

En el quinto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se obtienen después de la realización y puesta en marcha del proyecto.

.

# CAPÍTULO 1

# **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### 1.1 SIEMBRA Y COSECHA DEL PALMITO

"El palmito es una planta cultivada actualmente como resultado de la domesticación de especies silvestres. Su origen es americano, fue cultivada en zonas del trópico húmedo desde épocas precolombinas por indios hasta obtener la "especie sintética"". (Mora y Gainza 1999, citado por Alvear, 2010, p. 1).

"El palmito ecuatoriano es un producto muy apreciado en el mercado mundial por su excelente calidad, que responde a elevados estándares tanto en la producción como en el proceso industrial. La experiencia en logística de producción asegura que los tallos son procesados en estado óptimo de frescura". (CICO 2009, citado por Romero, 2011, p. 1).

"Las favorables condiciones geográficas y ambientales de las zonas tropicales de cultivo en el Ecuador, como la luminosidad, humedad y temperatura estables, un nivel de precipitación regular durante todo el año y óptimas condiciones de riego y suelo, dan como resultado un producto uniforme con importantes cualidades de sabor y consistencia". (CICO 2009, citado por Romero, 2011, p. 1).

### 1.1.1 AGROECOLOGÍA

Para cultivar el palmito se requiere de ciertas condiciones, Renato Romero (2011) indica que se necesita de un clima cálido húmedo con una temperatura de entre 24 a 28 °C y un porcentaje de humedad entre 80 y 90%, su exposición a la luz debe ser de un promedio de alrededor 1000 horas anuales, se requiere de una pluviosidad de 2000 a 4000 milímetros y una altitud de hasta 600 m.s.n.m. (p. 3).

#### 1.1.2 SIEMBRA

Bogantes citado por Arequipa (2011) explica que la semilla se obtiene del fruto seco y maduro una vez despulpado, esta semilla es lavada y secada a la sombra. Cuando las semillas se secan son desinfectadas con un fungicida. (p. 8)

Según el proceso agrícola de INAEXPO las semillas son colocadas en germinadores como se indica en la figura 1.1a para luego, una vez que las semillas germinan, ser llevadas a los viveros como se muestra en la figura 1.1b, una vez que las plantas se desarrollan bajo condiciones óptimas están listas para ser sembradas en el campo.

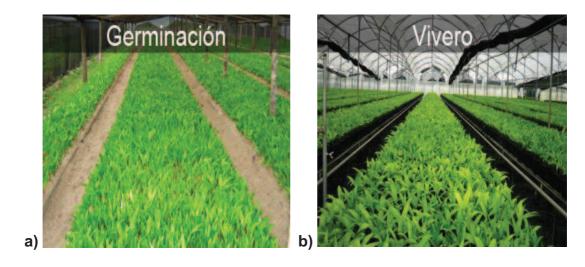


Figura 1.1 a) Germinación de semilla de palmito, b) Vivero. [8]

Bogantes citado por Arequipa (2011) señala que antes de la siembra es importante revisar el drenaje natural del suelo, ya que la planta no tolera el exceso de humedad acumulada en éste, es decir si existen charcos, éstos deben ser eliminados.

El suelo debe estar limpio y se deben abrir hoyos de 20 x 20 centímetros, la distancia entre cada planta debe ser de aproximadamente 2 metros para alcanzar una totalidad de 5000 plantas por hectárea, además un factor que se debe considerar es la resiembra que para el palmito varía según su tipo entre un 5 a 15%.

#### 1.1.3 MANTENIMIENTO

En los primeros seis meses de la planta, ésta debe ser cuidada de las malas hierbas combatiéndolas con herbicidas, vigilando que no entre en contacto con la planta.

Cuando se cumple el año, la plantación se cierra y las aplicaciones de glifosato son dirigidas al centro, cuidando siempre que el borde de la cepa esté limpio.

Otro aspecto a tomar en cuenta además de cortar hojas secas y enfermas en el mantenimiento del cultivo es la deshija, que consiste en realizar una entresaca al año ya que existen cepas que tienen demasiado hijo.

Para explicar la fertilización del cultivo, Chaves (1986) señala que los abonos comerciales se especifican con números que indican el porcentaje que contiene de cada componente, por ejemplo en el abono 12-24-12, el lugar de los números corresponde al componente y va en orden como se indica a continuación en la tabla 1.1, es decir el primer número corresponde al porcentaje de Nitrógeno, el segundo al de Fósforo, el tercero al de Potasio, el cuarto al de Magnesio y el quinto al de Boro. (p. 2)

Orden	Componente
1ero	Nitrógeno (N)
2do	Fósforo (Pentóxido de fósforo, P2O5)
3ero	Potasio (Óxido de potasio, K2O)
4to	Magnesio (Óxido de magnesio, MgO)
5to	Boro (Óxido de boro, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )

**Tabla 1.1** Componentes de un abono comercial.

Para establecer la cantidad adecuada de abono que se debe suministrar se debe realizar previamente un estudio del suelo, en el que se debe tomar en cuenta que el palmito requiere de una gran cantidad de nutrientes para su crecimiento y producción.

En el primer año se utiliza el abono 12-24-12 o el 10-30-10, suministrando 10 gramos por planta en dos ciclos y el abono 18-5-15-6-2, 15 gramos por planta en cuatro ciclos.

A partir del segundo año la cantidad de abono que se sugiere es la siguiente:

Componente	kg/ha/año
Nitrógeno (N)	200 – 250
Fósforo (Pentóxido de fósforo, P2O5)	20
Potasio (Óxido de potasio, K2O)	160 – 200
Magnesio (Óxido de magnesio, MgO)	50 – 100
Boro (Óxido de boro, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	400 – 500

**Tabla 1.2** Componentes de un abono comercial.

La principal plaga que afecta al cultivo del palmito son los roedores que son combatidos con trampas, otra plaga que afecta pero que no es significante son los insectos que eventualmente pueden provenir de plantaciones de banano o coco.

Para prevenir de enfermedades que se puedan presentar en la plantación, se hacen mejoras en el drenaje y se procura que exista una adecuada ventilación del follaje. (p. 9-12).

#### 1.1.4 COSECHA

Romero (2011) señala que el desarrollo de la plantación se logra en aproximadamente 18 meses, por lo que la cosecha de la misma se la realiza en un tiempo de 18 a 22 meses. (p. 3).

"El corte se realiza cuando los brotes alcanzan 16 – 18 cm de ancho en su base. Desde la segunda cosecha se obtienen tallos comerciales cada 10 meses. La longitud del palmito cosechado debe ser de 70 cm". (CONCOPE 2001, citado por Romero, 2011, p. 4).

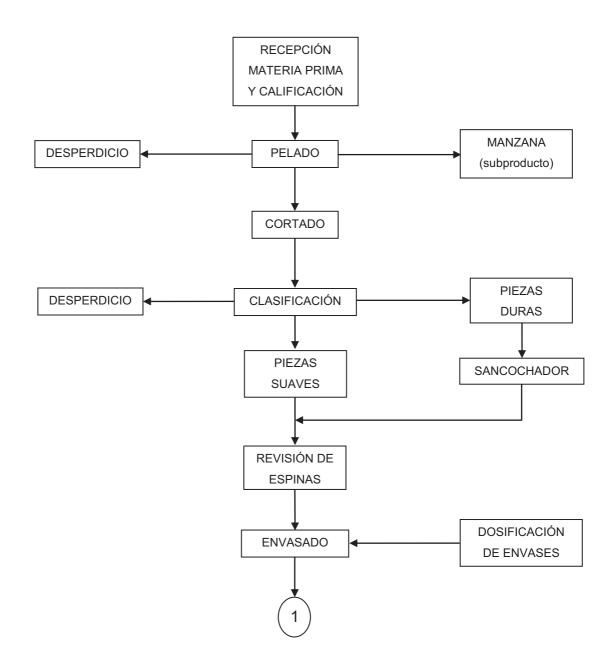


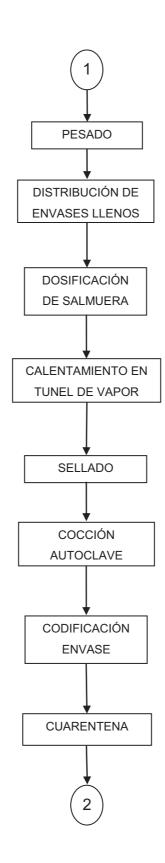
Figura 1.2 Cosecha de palmito. [8]

# 1.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PALMITO

El palmito en nuestro país es un producto principalmente de exportación, por esta razón debe ser de excelente calidad y estar en conserva. Para lograr esto pasa por diferentes etapas desde su cosecha hasta su presentación final.

# 1.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE INAEXPO





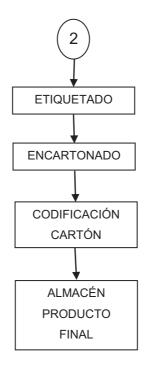


Figura 1.3 Diagrama de flujo producción principal de INAEXPO

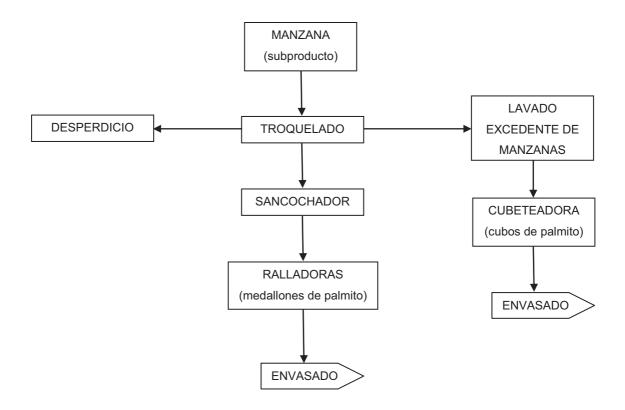


Figura 1.4 Diagrama de flujo sub producción de INAEXPO

# 1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción del palmito consiste en:

# a) RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA Y CALIFICACIÓN

La materia prima es transportada por parte de los agricultores a la planta de INAEXPO, los palmitos vienen colocados en canastas, en el sitio destinado a la recepción es donde se verifica la calidad del tallo de palmito y según ésta se hace el pago respectivo al agricultor. Las canastas son descargadas de los camiones en la planta mediante un tecle.

Para la calificación de los tallos se sortea una canasta de las que ingresa el agricultor y se procede a pelar un número determinado de tallos con la calidad exigida por la planta y la medición de los mismos se realiza en el sistema de medición con visión artificial implementado.

# b) PELADO

Una vez que los tallos de palmito han sido recibidos, éstos son pelados, para esto se le asigna a cada pelador 9 canastas de tallos, están dispuestos aproximadamente de 4 a 6 peladores en cada banda, existen 3 bandas donde se realiza el pelado.

En esta parte como resultado del pelado del tallo se extrae la manzana del palmito, que es utilizada en otro subproceso y la cáscara que es el desperdicio, la manzana es colocada en una banda y el desperdicio y cáscara en otra.

El tallo que se obtiene producto del pelado sigue en una tercera banda donde posteriormente será cortado.

#### c) CORTADO

Una vez que el tallo es pelado, la banda transportadora lleva los tallos a la máquina cortadora donde se obtienen piezas de 9 centímetros, es el tamaño que deben tener. Posteriormente dichas piezas pasan a otra banda continuando con el proceso.

# d) CLASIFICACIÓN

Las piezas son inspeccionadas de forma manual aquí es donde se extraen los posibles desperdicios que se encuentren presentes y además se extraen las piezas duras, logrando así que en el proceso continúen las piezas suaves de palmito.

Las piezas duras son almacenadas en canastas que cuando se llenan son ingresadas en el sancochador, que es donde se cocinan dichas piezas duras a una temperatura de 90°C en un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos con el objetivo de que se tornen suaves y sean reingresadas en el proceso.

# e) REVISIÓN DE ESPINAS

Es importante que las piezas de palmito utilizadas en la producción no presenten espinas, por lo que manualmente se revisan los tallos y los que se encuentren con espinas, son desechados del proceso.

# f) ENVASADO

Los envases son dosificados mediante rieles para que el operador los tome y llenen los mismos con piezas de palmito. Existen diferentes tipos de frascos, entre los más utilizados en la producción de la planta son: lata 220 gramos, lata 500 gramos, y frasco de vidrio 250 gramos.

### g) PESADO

Una vez envasado el producto, cada uno de los frascos es pesado manualmente y en función al peso que se obtenga se agregan una o más piezas al envase o se retiran del mismo.

Se disponen de 4 a 5 pesadores por línea, se tiene una tolerancia de ± 5 gramos aproximadamente.

# h) DISTRIBUCIÓN DE ENVASES LLENOS

Después de que el producto es envasado y cumple con el peso adecuado, los envases son distribuidos en las distintas bandas transportadoras de acuerdo al tipo de cada uno.

# i) DOSIFICACIÓN DE SALMUERA

Para que el producto se conserve, se dosifica salmuera (agua con alta concentración de sal) en el envase lleno de palmito a través de válvulas manuales colocadas en la entrada al túnel de vapor.

Posteriormente el envase circula a través del túnel de vapor, del cual el producto sale a una temperatura aproximada de 85°C. Los envases salen del túnel en un tiempo aproximado de 5 a 6 minutos.

# j) SELLADO

Los envases son sellados de forma automática, es decir se coloca la tapa del envase a presión en las máquinas selladoras. Mientras se siguen sellando se van paletizando los envases en coches.

# k) COCCIÓN

Los coches son ingresados en el autoclave, donde la cocción se la realiza a una temperatura de 102°C durante un lapso de 18 minutos para frascos de vidrio y latas de 220 gramos, y de 24 minutos para latas de 500 gramos.

# I) CODIFICACIÓN

Cuando los coches salen del autoclave, se despaletizan y se codifican cada uno de los envases, donde se especifica la fecha de elaboración, de vencimiento y código del producto dependiendo del destino del producto. Una vez codificado se vuelven a paletizar los envases.

#### m) CUARENTENA

Se almacena el producto paletizado a temperatura ambiente, ingresa en un periodo de cuarentena que dura 7 días.

#### n) ETIQUETADO

Una vez terminado el tiempo de cuarentena el producto es etiquetado, donde es despaletizado, en este caso específicamente se inspeccionan las latas automáticamente rechazando las defectuosas de la línea, se limpian los envases

e ingresan a la máquina etiquetadora donde se pega la etiqueta, posteriormente se revisa que todas las latas estén envasadas al vacío, rechazando las defectuosas. Una vez etiquetados los envases, ingresan a la máquina encartonadora que coloca el número de envases deseados por el cliente y forma la caja con los envases y de acuerdo al pedido del cliente se forma una caja cerrada o simplemente se coloca una base de cartón o se emplástica el producto. Finalmente el empague también es codificado.

# o) ALMACEN PRODUCTO FINAL

Cuando se obtiene el producto final se lo almacena y está listo para ser cargado en los contenedores para su exportación o venta al cliente.

#### 1.2.2.1 Descripción de subprocesos

# 1.2.2.1.1 Manzana de palmito

# a) TROQUELADO

Las manzanas de palmito que fueron cortadas se colocan en una banda transportadora, se asignan 23 canastas de manzanas que son troqueladas y de acuerdo a la producción el troquelado es de diferente medida. La manzana troquelada es colocada en una banda transportadora y los desperdicios en otra.

# b) COCCIÓN

Se van llenando las canastas de manzanas troqueladas para posteriormente ser cocinadas en el sancochador a una temperatura de 90°C en un lapso de 10 a 15 minutos.

#### c) CORTADO

Una vez que se tienen cocinados los troquelados de las manzanas, éstos son cortados en la máquina ralladora (máquina cortadora), obteniendo de este modo medallones de palmito.

# d) ENVASADO

Los medallones de palmito obtenidos son envasados y se ejecuta el proceso correspondiente explicado anteriormente.

#### 1.2.2.1.2 Excedente de manzanas

Cuando se tiene excedente de manzanas de palmito se realiza el siguiente proceso:

#### a) LAVADO

Las manzanas excedentes pasan por la máquina lavadora donde las manzanas salen limpias, operadores a la salida de ésta remueven suciedades más profundas.

# b) CUBETEADO

Las manzanas lavadas son cortadas en la máquina cubeteadora, obteniendo de esta manera cubos de palmito.

#### c) CLASIFICADO

Posterior a la máquina cubeteadora se sitúa la máquina clasificadora que es la encargada de separar los cubos de palmito de los desperdicios generados en el cortado.

# d) ENVASADO

Los cubos de palmito obtenidos son envasados y se ejecuta el proceso correspondiente explicado anteriormente.

# 1.2.2.1.3 Desperdicio

Los desperdicios generados en la producción son recogidos en bandas transportadoras que van a la banda de desecho principal, donde todo el desperdicio es picado y de donde se obtiene la fibra que posteriormente es vendida.

# 1.3 CALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO

Para realizar el pago a los proveedores INAEXPO tenía un método de calificación de los tallos de palmito en el que no se consideraba la suavidad del tallo, ahora con la implementación de este proyecto se cambia de método y se va a pagar a los proveedores de acuerdo a la medida promedio de tallo de palmito suave, que es el que se aprovecha de mejor manera en la producción.

Esto es de gran importancia ya que al tener piezas suaves ingresan rápidamente al proceso agilitando la producción, cabe recalcar que al reducir la cantidad de piezas duras se disminuye el número de veces que se utiliza el sancochador, descrito anteriormente.

# 1.3.1 MÉTODO ANTIGUO DE CALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO

El método antiguo de calificación de tallos de palmito que se utilizaba en INAEXPO era el llamado MTV (Madurez de Tallo Visto) que consistía en lo siguiente:

Para determinar que un tallo de palmito es de buena calidad había que observar que en el extremo superior del tallo se encuentre formado el corazón del palmito íntegramente, es decir que se observe el círculo por completo del tallo, así:



**Figura 1.5** Corazón de palmito, tallo bueno.

Los tallos que no cumplan con esa condición eran considerados de mala calidad y para efectuar el pago a los agricultores se obtenía el porcentaje de tallos buenos que existían en la canasta y se realizaba el pago respectivo.

# 1.3.2 NUEVO MÉTODO DE CALIFICACIÓN DE TALLOS DE PALMITO

El nuevo método consiste en efectuar el pago al agricultor en base a la medida promedio de tallo suave que ingresa a la planta, es decir también se revisa la textura del tallo.

De todos los tallos que lleva un agricultor a la planta se obtiene una muestra, es decir un cierto número de tallos de palmito para ser medidos en el sistema, el tamaño de la muestra depende de la cantidad de tallos que van a ser ingresados, para esto INAEXPO maneja la tabla que a continuación se indica.

Tallos	Muestra
51-90	13
91-150	20
151-280	32
281-500	50
501-1200	80
1201-3200	125
3201-10000	200

Tabla 1.3 Tabla de tamaño de muestras

Una vez seleccionados los tallos, el operador pela el tallo y posteriormente corta las partes duras y abiertas del tallo pelado, y se procede a la medición del tallo suave de palmito ya que para que la producción sea de calidad el tallo que ingresa para ser procesado debe ser suave.

Del tallo se realizan varios cortes y se obtienen algunos pedazos, como se indica en la figura 1.6, conocidos en INAEXPO como "piezas". Para ser considerados como piezas dichos pedazos deben medir de 9 a 13 centímetros ya que los pedazos de esta medida son las más aprovechadas en el proceso, pedazos con medida de entre 5 a 8 centímetros son considerados medias piezas y aún son aprovechados en la producción, pero pedazos menores a 5 centímetros no son considerados para la producción y no tienen valor económico para la planta.

Para esto INAEXPO realizó una tabla de precios, debido a los intereses de la planta los precios no son indicados en el presente trabajo, pero que varían de acuerdo a la medida y por ende al número de piezas de palmito que se obtienen.

Longitud	TROZOS	Pago
(cm)	No. Piezas	(ctvs.)
0 – 4	0	-
5 – 8	0,5	-
9 - 13	1	-
14 - 17	1,5	-
18 - 22	2	-
23 - 26	2,5	-
27 - 31	3	-
32 - 35	3,5	-
36 - 40	4	-
41 - 44	4,5	-
45 - 49	5	-
50 - 53	5,5	-
54 - 58	6	-
59 - 62	6,5	-
63 - 67	7	-
68 - 71	7,5	-
72 - 75	8	-

**Tabla 1.4** Tabla de precios según tamaño y número de piezas de tallos de palmito

# 1.3.3 APROVECHAMIENTO DEL TALLO DE PALMITO

Para realizar la medición de los tallos el palmito primero debe ser pelado y se procede a retirar la parte no utilizable en el proceso, es decir el tallo abierto y el tallo duro, la manzana también es retirada y es aprovechada para otro subproceso.

Como se puede observar en la figura 1.6 el tallo se mide desde donde se realizan los cortes, no se toma en cuenta la manzana, es decir se mide la parte que va exclusivamente al proceso principal que son los corazones de palmito. Cada corte es una pieza de tallo de palmito

Por esta razón mientras mayor sea el tamaño de palmito suave, el aprovechamiento del tallo va a ser mayor para la planta.



Figura 1.6 Aprovechamiento de tallo de palmito en INAEXPO [8]

# 1.3.4 CALIDAD REQUERIDA DEL TALLO DE PALMITO

El cambio de método de calificación de tallos de palmito es para mejorar la producción, por esta razón la calidad de los tallos que ingresan a la planta debe ser la óptima.

El objetivo del nuevo método de calificación de tallos de palmito por parte de INAEXPO consiste en obtener el mayor número de piezas suaves de un tallo de palmito, mejorando así su producción y asegurándose de este modo que los agricultores les provean de las mejores cosechas.

Los productores le proveerán de las mejores cosechas a la planta debido a que el pago que recibirán va a ser directamente proporcional al número de piezas promedio que se puedan obtener de los tallos suaves que van a circular a través del sistema de medición de tallos. Por lo tanto el productor pondrá énfasis en escoger los mejores palmitos para que el tallo suave que se obtiene sea más largo y se puedan obtener más piezas.

#### 1.3.5 IMPORTANCIA DEL MÉTODO ACTUAL

El método antiguo (MTV) no consideraba la parte dura del tallo de palmito, por esta razón pese a tener bien formado el corazón del tallo de palmito éste puede ser duro y se debe reprocesar este palmito para su proceso posterior.

Para sustentar el hecho de que el método actual es más aproximado a la realidad en cuanto se refiere a proveer a la planta de tallos de buena calidad, se realizó la comparación entre dos tallos de palmito, basándose en lo siguiente:

# 1. Tallos de palmito sin pelar.

En la figura 1.7a y 1.7b se indican los tallos de palmito sin pelar, preliminarmente uno de los tallos se encuentra en buen estado y el otro no, respectivamente.

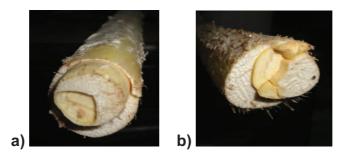


Figura 1.7 a) Tallo sin pelar en buen estado, b) Tallo sin pelar en mal estado.

# 2. Tallos pelados.

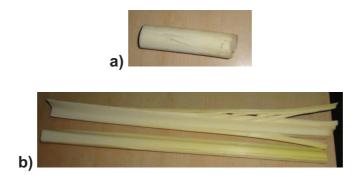
El tallo de la figura 1.8a corresponde al tallo en buen estado de la figura 1.7a, y el tallo de la figura 1.8b corresponde al que se encuentra en mal estado de la figura 1.7b.



Figura 1.8 a) Tallo pelado en buen estado, b) Tallo pelado en mal estado

# 3. Tallo no utilizable.

Como se puede apreciar en la figura 1.9b la parte dañada del tallo con corazón en mal estado es más grande, el tallo se encuentra abierto por lo que el cortador de tallos de palmito tiene que eliminar esta parte. La parte no utilizable del tallo con corazón en buen estado corresponde a la parte dura del tallo inicialmente pelado como se indica en la figura 1.9a.



**Figura 1.9 a)** Parte dura del tallo en buen estado, **b)** Parte no utilizable de tallo en mal estado.

#### 4. Tallo útil.

La parte útil del tallo en mal estado es pequeña como se puede observar en la figura 1.10b comparada con la del tallo en buen estado presentado en la figura 1.10a.



**Figura 1.10 a)** Parte utilizable del tallo en buen estado, **b)** Parte utilizable del tallo en mal estado.

De ahí la importancia de que se pague al productor de acuerdo a la medida del tallo suave o número de piezas que se puedan obtener de su cosecha. Es beneficioso para el productor que ponga cuidado en la siembra y cosecha del palmito ya que se van a obtener tallos útiles más largos, y es beneficioso para la planta ya que no gasta dinero en pagar a productores que llevan tallos de palmito en mal estado, ahorrando dinero y a la vez asegurando el ingreso de tallos de buena calidad a la planta.

Una vez realizada la calificación de los tallos, se procede a pelar el resto de tallos de palmito del agricultor correspondiente, y de esta manera ingresar la materia prima al proceso.

# 1.4 VISIÓN ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA

La aplicación de la visión artificial en la industria ha sido fundamental, especialmente en sus tres ejes principales los que se refieren a INSPECCIÓN, GUÍA E IDENTIFICACIÓN.

# 1.4.1 INSPECCIÓN

La industria debe garantizar a sus consumidores que los productos que ofrece son de calidad, y para esto la inspección es necesaria en cualquier proceso de fabricación. Y dicha inspección se la realiza de mejor manera empleando visión artificial porque se pueden revisar algunas características de un mismo producto y al mismo tiempo.

Una de las aplicaciones en la industria es para la inspección de botellas, como se mencionó se pueden inspeccionar varias características de un producto, en este caso una botella que sale de la llenadora, se inspeccionan tres características que determinan que la botella está en condiciones óptimas:

- TAPA.- Presencia y correcta posición.
- ETIQUETA.- Presencia.
- NIVEL.- Nivel adecuado de líquido

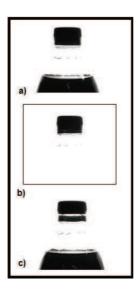


Figura 1.11 a) Botella buena, b) Botella sin líquido, c) Botella defecto en tapa [7]

#### 1.4.2 **GUÍA**

En la industria actual se trabaja con sistemas de ubicación de materiales y robots, tanto para recoger y colocar materiales, este proceso se requiere que sea exacto por lo que con visión artificial se puede lograr exactitud y además se posibilita una fabricación flexible.

En la robótica guiada por visión para embalaje la cámara revisa los envases que ingresan en la banda transportadora, comunicando al robot los datos de posición y orientación de la lata, para que el robot coja la lata y la coloque en otra banda con los logotipos en una sola dirección.

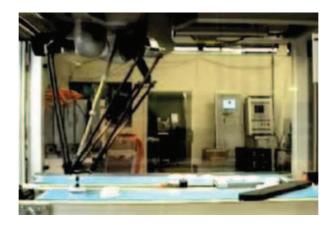


Figura 1.12 Robot guiado por visión artificial [7]

# 1.4.3 IDENTIFICACIÓN

En la industria cada producto debe tener su identificación, ya sea en código de barras, caracteres alfanuméricos o de otro tipo, la visión artificial puede identificarlos y de acuerdo a esto clasificar, monitorear, y controlar la producción. También se puede establecer una trazabilidad porque a partir de la identificación se pueden establecer bases de datos concernientes a la producción.

En la industria alimenticia y farmacéutica se deben cumplir las normas establecidas por la FDA (Food and Drug Administration), de aquí la importancia de identificar el código de lote y fecha de caducidad, como se indica en la figura 1.13, además se puede realizar la trazabilidad de la producción.



Figura 1.13 Caja y producto codificados [7]

# 1.5 SENSORES Y SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL COGNEX

Cognex Corporation es el proveedor principal en el mundo de sensores y sistemas de visión artificial, contribuyendo a la industria a mejorar la calidad de sus productos eliminando errores en su producción asegurándose de ese modo que al consumidor le lleguen productos en perfecto estado.

Los productos más utilizados de COGNEX son los siguientes:

#### 1.5.1 DATAMAN (IDENTIFICADOR DE PRODUCTOS)

Se utiliza para identificar los distintos códigos presentes en cualquier producto de la industria. Los cuales pueden ser 1D (figura 1.14a) o 2D (figura 1.14b):



**Figura 1.14 a)** Código 1D, **b)** Código 2D [7]

El lector Dataman DM200 que se indica en la figura 1.15 puede identificar códigos 1D y 2D en todos los modelos, puede realizar hasta 45 lecturas por segundo, dispone de conectividad Ethernet lo que ayuda a una conexión sencilla con la planta además de una transferencia de datos óptima, el autoenfoque es una característica especial ya que no se requiere de ajustar manualmente el lente.



Figura 1.15 Dataman DM200 [7]

# 1.5.2 CHECKER (SENSOR DE VISIÓN)

El sensor de visión utiliza imágenes para verificar la presencia de una o varias características de cierto objeto a inspeccionar. Evita la utilización de varios sensores fotoeléctricos y la inspección se la realiza aun cuando el producto no se encuentre correctamente posicionado ya que tiene la herramienta que le permite localizar el objeto.



**Figura 1.16** CHECKER 4G7 [7]

Otra de las ventajas de este sensor de visión o CHECKER es que se lo puede utilizar para diferentes presentaciones de un determinado producto, para lograr esto se debe cambiar la tarea que corresponde al producto a inspeccionar, para dicho cambio de tarea se utiliza un tren de pulsos o simplemente mediante un computador.

En los CHECKER más actualizados se incluye la posibilidad de realizar medición. El CHECKER detecta partes y/o inspecciona características. No sirve para leer códigos ni envía datos de comunicación, ni se pueden realizar interfaces de usuario.

# 1.5.3 CÁMARAS IN-SIGHT (SISTEMA DE VISIÓN)

El sistema de visión es más completo que los dos mencionados anteriormente, ya que además de realizar las funciones de identificación de códigos, verificar presencia/ausencia, medición, se tienen herramientas para localización de piezas, guiado robótico, inspección de bordes, inspección e identificación de color, calibración no lineal para resultados más precisos, mediciones más precisas, etc.

Además con el software que se utiliza para la programación de las cámaras se pueden realizar interfaces de usuario bien sea en el computador o en una pantalla touchscreen propia de la marca mismo como se indica en la figura 1.17.



Figura 1.17 Sistema de visión In-Sight [7]

Con la utilización de la cámara adicionalmente como se dispone de servidor OPC, se pueden enlazar los datos para utilizarlos por ejemplo en un sistema SCADA posteriormente o para generar bases de datos requeridas de algún proceso en particular.

Debido a las facilidades y aplicaciones que presenta el sistema In-Sight, se decidió implementar el proyecto con el mismo, ya que se requiere de la creación de una pequeña base de datos y de una interfaz de usuario.

Dentro de las cámaras In-Sight, actualmente existen cuatro series que son explicadas a continuación:

# Serie In-Sight Micro

 Es un sistema de visión completo en una cámara pequeña de 30mm x 30mm x 60mm, se la utiliza para trabajos de inspección única o para hacer una red de sistemas de visión.

# • Serie In-Sight 5000

 Es igual a la serie In-Sight Micro, la diferencia es el tamaño, el material y la protección al lente.

# Serie In-Sight 7000

 Tiene nuevas funciones como la de autoenfoque, iluminación integrada, más velocidad en la adquisición de las imágenes y más resistente que las cámaras In-Sight Micro.

# • Serie In-Sight 500

 Se utiliza en aplicaciones donde la inspección se la realice en líneas de producción ultra rápida.

Las cámaras de las series In-Sight 7000 e In-Sight 500 no se las tomó en cuenta porque salieron recientemente y sus facilidades no son aplicables en el presente proyecto. Por esta razón se decidió utilizar una cámara de la serie In-Sight Micro.

# 1.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN

La cámara que se implementa en el presente proyecto es la In-Sight Micro 1100, que tiene las siguientes características principales:

					R	esol	ució	ón	Inte	rfaz	Herra	mient	as co	mpat	tibles			
Modelo	Rango de velocidad	Captura (fps)	Modelo de color	Disponible en Acero Inoxidable	640 x 480	1024 x 768	1600 x 1200	Escaneado lineal 1K	Easy Builder	Hoja de cálculo	Herramientas esenciales	Herramientas extendidas	Herramientas de identificación	Herramientas de color	PatMax Disponible	Número de pieza		
1100	4x	60			•				•	•	E	X	0		P	ISM 1100-00 ISM 1100-01 (PatMax)		

**Tabla 1.5** Características de cámara Serie In-Sight Micro 1100. [4]

- Dispone de una entrada para el activador o señal de trigger y 2 salidas de alta velocidad integradas.
- La velocidad de captura es de 60 cuadros por segundo, se basa en una exposición mínima y una captura completa de imágenes.
- Resolución 640 x 480 pixeles.
- IP54
- Presenta las siguientes herramientas de visión:

Según COGNEX, Manual de productos (2010),

- Herramientas esenciales, incluye: localización de líneas, blobs (grandes objetos binarios), bordes y curvas, histogramas y herramientas geométricas, filtros de imágenes, correspondencia de patrones y calibración de serie.
- Herramientas extendidas, incluye: calibración no lineal y herramienta de calibración.
- Herramientas de identificación, incluye: lectura y verificación de códigos de barras 1D/2D, lectura y verificación de textos (OCR/OCV) y filtros de imágenes.
- PatMax es una opción disponible en los modelos extendidos. (p. 18).

En base a las características mencionadas se escoge dicha cámara por las siguientes razones:

- Dispone de las herramientas esenciales, que en esta aplicación se las utiliza básicamente para encontrar los bordes de los tallos, graficar la distancia de cada tallo, elaborar la estadística para poder visualizar la medida, precio de cada tallo, precio promedio de la muestra, etc.
- Dispone de las herramientas extendidas que se las utiliza para la calibración mediante grilla para la medición.
- En el software de la cámara se puede realizar la interfaz de usuario necesaria para esta aplicación ya que se requiere visualizar distintos datos cuando los tallos circulan en la banda transportadora.

- Su protección IP54 es suficiente comparado con las cámaras In-Sight 5000 cuyo grado de protección es IP67 o IP68 debido a que la cámara no va a estar al ambiente y va a ser montada dentro de una estructura metálica.
- Resolución de 640 x 480 pixeles, suficiente para la medición de los tallos de palmito que conjuntamente con la calibración el error en la medida va a ser bajo.

## 1.7 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El sistema consta de una banda transportadora con perfiles transversales únicos existente en INAEXPO, una cámara con visión artificial COGNEX montada en una estructura de acero inoxidable, computador con dos monitores ubicado a 25 metros aproximadamente del lugar donde va montado el equipo, tablero de control en el que se acoplan todas las señales digitales.

El proyecto está hecho de tal modo que primero un operador digite el número de tallos a muestrear y habilite la operación de la banda transportadora, para que posteriormente otro operador encienda la banda e ingrese los tallos de palmito que uno a uno la cámara toma su respectiva imagen y determina la longitud en centímetros del tallo.

Conforme la cámara obtiene las medidas, se va generando una tabla en una hoja de cálculo en MS Excel, en la que se especifica un número secuencial referencial, el número de tallo y su respectiva medida.

Una vez finalizada la medición de los tallos, la banda se detiene automáticamente y se genera un archivo plano con los datos de la tabla generada en MS Excel.

La cámara cuenta con su propio entorno de programación por esta razón se seleccionan y se calibran diversos parámetros para que pueda establecerse la medida en centímetros del tallo, la interfaz que se presenta en el computador también es desarrollada en el entorno de programación de la cámara, debido a que ésta se puede conectar vía Ethernet al computador.

En el tablero de control se encuentra el PLC en el que ingresan las señales digitales de la cámara y básicamente se lo utiliza para controlar la banda transportadora, para cuando sea habilitada y cuando finalice la medición, adicional a esto en el tablero se encuentra el botón para arrancar la banda, el selector para encender el equipo, el paro de emergencia, el sensor inductivo y la torre de luces.

# **CAPÍTULO 2**

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

# 2.1 DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El sistema de medición de tallos de palmito en su forma general consiste en un sistema de transporte, sistema de visión artificial, adquisición de datos y generación de archivos planos. Así:

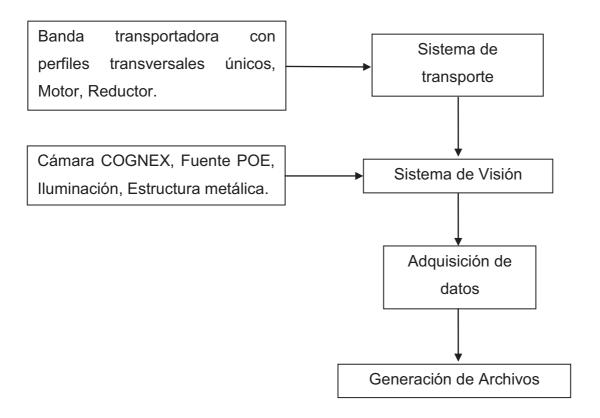


Figura 2.1 Diagrama de bloques sistema de medición de tallos de palmito

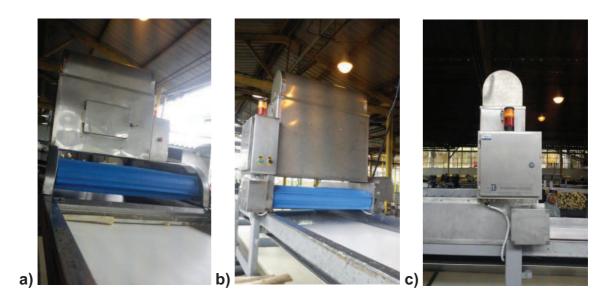
Para la banda transportadora se tiene un motor de 1 HP con reductor sinfín RIN 40. Debido a que se tiene montada la estructura metálica y el sistema de transporte, el requerimiento para el montaje del tablero de control es que la

alimentación sea de 110V / 60Hz y para tener un buen contraste para la medición de los tallos se requiere que la banda transportadora sea de color azul debido a que los tallos son de color blanco.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA EXISTENTE

La estructura metálica consiste en:

- Banda transportadora con perfiles transversales únicos la cual es acoplada a un motor mediante un reductor.
- Campana dispuesta sobre la banda transportadora, aquí es donde va instalada la cámara, iluminación y tablero de control.



**Figura 2.2 a)** Vista frontal, **b)** Vista posterior, **c)** Vista lateral de estructura del sistema de medición de tallos de palmito.

### 2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Los tallos van a ser ingresados en una banda transportadora que va a ser primero habilitada por el operador ubicado en el computador para luego ser activada mediante un botón por el operador ubicado en el sitio para ingresar los tallos. La banda se detiene automáticamente una vez finalizada la medición de los tallos a muestrear.

#### 2.3.1 BANDA TRANSPORTADORA

Para el transporte de los tallos de palmito para su respectiva medición, existe una banda transportadora azul con perfiles transversales únicos acoplada a un motor mediante un reductor.



Figura 2.3 Banda transportadora con perfiles transversales únicos

Se escogió este tipo de banda para que los tallos sean ingresados de tal modo que quede un tallo por división para que la cámara pueda obtener la medida de un tallo a la vez y se tenga un buen contraste entre la banda y los tallos de palmito.

#### 2.3.2 MOTOR-REDUCTOR

Este motor es el encargado de mover la banda transportadora, su potencia es de 1 HP acoplado con reductor sinfín RIN 40.



Figura 2.4 Motor acoplado al respectivo reductor

# 2.4 DESCRIPCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

#### 2.4.1 CÁMARA COGNEX

Esta es una cámara industrial, como se indica en la tabla 2.1, la cual captura la imagen del elemento, luego la digitaliza y de acuerdo a los parámetros programados se establece la medida en centímetros del tallo de palmito.

La cámara a ser utilizada es la MICRO IN-SIGHT 1100. Para su funcionamiento se debe conectar un cable Ethernet, cable de Entradas/Salidas y fuente de alimentación POE (Power Over Ethernet). Para adquirir la imagen de forma clara el sistema debe tener energizada la iluminación correspondiente.

IMAGEN	DETALLE
against .	Cámara COGNEX MICRO IN- SIGHT 1100 con CCD de 640x480 pixeles, que realiza la toma de imágenes y medición de los tallos.
COGNEX	En la parte posterior del sensor están ubicados los conectores correspondientes para la alimentación y entradas/salidas de la cámara.

Tabla 2.1 Detalle cámara Micro In-Sight 1100

#### • Cable de alimentación Ethernet

La cámara tiene alimentación tipo POE (Power Over Ethernet) por lo que su cable de alimentación es M12-RJ45.

El conector M12 se conecta en la cámara, como se indica en la figura 2.5, y el RJ45 es conectado en la fuente POE.

Para la comunicación con el computador se conecta un cable de red entre el otro conector de la fuente POE y el computador.

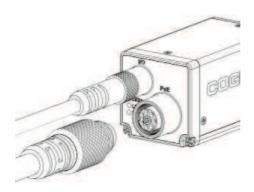


Figura 2.5 Conexión del cable Ethernet en el conector POE de la cámara [5]

#### • Cable de Entradas/Salidas

Este cable como se indica en la figura 2.6, tiene un conector M8 que se conecta a la cámara.



Figura 2.6 Conexión del cable I/O [5]

Los cables de entradas y salidas de la cámara están dispuestos de la siguiente manera como se indica a continuación en la tabla 2.2.

Señal	Color de cable
HS OUT 0 (salida de alta velocidad 0)	Café
HS OUT 0 (salida de alta velocidad 0)	Blanco
TRIGGER +	Azul
TRIGGER -	Negro
HS COMMON (común de las salidas)	Gris

Tabla 2.2 Tabla I/O de cámara Micro In-Sight 1100

#### • Fuente POE

Debido a que la cámara requiere de alimentación POE (Power Over Ethernet), esta fuente, indicada en la figura 2.7, es la apropiada para alimentarla, y adicionalmente otorga la conectividad necesaria para enlazarse a alguna red. Sus características principales se muestran a continuación en la tabla 2.3

	Voltaje	Corriente	
Entrada	100-240 VAC (50-60 Hz)	0.50-0.35 A	
Salida	56 VDC (PIN3,6: +56V / PIN1,2: RETURN)	0.55 A	

Tabla 2.3 Características eléctricas principales de fuente POE



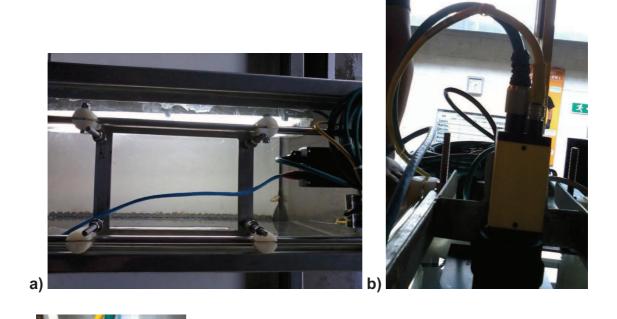
Figura 2.7 Fuente POE. [7]

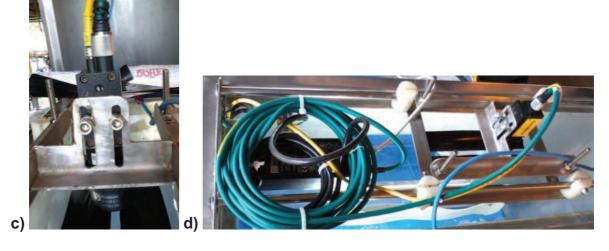
La cámara va montada en el interior de la campana, específicamente por sobre la iluminación y la banda transportadora en una base metálica como se puede

visualizar en la figura 2.8a. El montaje final de la cámara se indica en la figura 2.8b, 2.8c y 2.8d.

# 2.4.2 ILUMINACIÓN

La iluminación necesaria para una adquisición de imagen clara y nítida es la generada por una lámpara fluorescente T5 / 14W, la misma que es ubicada en el interior de la campana en una de sus paredes debajo de la cámara.





**Figura 2.8 a)** Base, **b)** Cámara montada, vista frontal, **c)** Cámara montada, vista posterior, **d)** Cámara, cable Ethernet, cable I/O, fuente POE.

#### 2.4.3 SENSOR INDUCTIVO

En el eje motriz de la banda se encuentra acoplado un piñón en el que se han colocado 4 tornillos, el sensor inductivo se lo ubicó de tal modo para que cuando la banda se mueva, el piñón rote en su propio eje y dichos tornillos pasen a una distancia de aproximadamente 2 milímetros, como se indica en la figura 2.9a, y se genere el pulso de 24 voltios para que la cámara adquiera una nueva imagen cuando los tallos estén circulando por la banda transportadora.

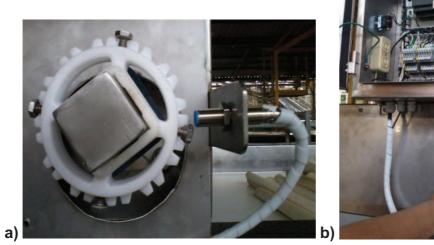




Figura 2.9 a) Montaje de sensor inductivo, b) Ubicación de sensor inductivo.

El sensor se ubica debajo del tablero de control, como se muestra en la figura 2.9b, adicionalmente se puede observar que el piñón está acoplado al eje motriz de la banda transportadora. El piñón y el sensor inductivo son cubiertos por una caja de acero inoxidable como se puede apreciar en la figura 2.2c.

#### 2.5 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control está hecho en acero inoxidable de acuerdo a las especificaciones de la planta, sus dimensiones son 40x40x20 cm y es ubicado en

la parte lateral de la estructura metálica montada sobre la banda transportadora como se puede visualizar en las figuras 2.2a, 2.2b y 2.2c.

La distribución de los distintos componentes, es decir la parte interna del tablero, se indica en la figura 2.10, donde fácilmente se pueden distinguir varios elementos de control.



Figura 2.10 Tablero de control

#### 2.5.1 COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL

#### • PLC MITSUBISHI FX3G-14M

Es el controlador lógico programable, aquí es donde van a ser acopladas todas las señales digitales requeridas para el control del sistema.



Figura 2.11 PLC Mitsubishi FX3G-14M. [9]

El PLC que se utilizó fue el Mitsubishi FX3G-14M como se indica en la figura 2.11, a continuación en la tabla 2.4 se detallan sus características.

Especificaciones		ones	FX3G-14M
Número de E/S (direcciones)		ecciones)	Máx. 256 direcciones en total (suma de E/S locales y descentralizadas conectadas a través de la red CC-Link)
Rango de in	Rango de información		Máx. 128 E/S direccionables directamente y máx. 128 E/S descentralizadas
Fuente de a		ción	100-240 V AC (+10 % / -15 %), 50/60 Hz
Consumo máximo			31 W
Memoria de programa		na	EEPROM integrada para 32000 pasos, casete de memoria intercambiable EEPROM para un cambio sencillo de programa
Tiempo de p	roceso		0,21 us or 0,42 us por instrucción básica
	Número de entradas		8
	Tensió entrad		24 V DC (+/- 10 %)
Entradas Integradas	Señale entrad		Con lógica positiva o negativa
	Tiempo de reacción		Aprox. 10 ms
	Aislamiento		Mediante optoacoplador
	Número de salidas		6
	Tensión de conmutación		<240 V AC, <30 V DC (salida de relé), 5 - 30 V DC (salida de transistor)
	Tipo d	e salida	Relé o transistor
Salidas Integradas	Máx.	Resistiva	2A por salida, total máx. 8 A (relé), 0.5 A por salida; máx. 0.8 A por grupo con 4 salidas (transistor)
integradas	Carga	Inductiva	80 VA (relé), 12 W (24 V DC); max. 19.2 W por grupo con 4 salidas (transistor)
	Tiempo de reacción		10 ms (relé), < 5 us (para Y000 and Y001) / 0.2 ms (para el resto de salidas)(transistor)*
Aislamiento		iento	Mediante optoacoplador
Contador de	Contador de alta velocidad		21 en total, 16 monofásicos (C235 - C250) y 5 bifásicos (C251 - C255)
Salidas de a	Salidas de alta velocidad		De -2.147.483.648 to 2.147.483.647
24V DC (Fue servicio)	ente de 1	tensión de	400 mA
Condiciones de servicio		vicio	0 - 55 °C temperature ambiente; 5 - 95 % humedad relativa

<sup>\*</sup> Para unidades básicas con 40 y 60 E/S, Y002 tiene un tiempo de respuesta de 5 us.

Tabla 2.4 Características técnicas PLC FX3G-14M Mitsubishi. [10]

Este PLC se seleccionó por las siguientes razones:

- El número de entradas y salidas es suficiente para esta aplicación, las entradas se activan con 24V DC (con flanco de subida o bajada), y las salidas tipo relé son suficientes para aplicaciones donde no se requiere de un tiempo de respuesta muy rápido.
- Por requerimiento de INAEXPO, ya que la marca es compatible con la planta, porque está equipada en su mayoría con PLC's Mitsubishi.

#### Fuente SIEMENS 24VDC / 2.5A

Es una fuente de corriente continua, indicada en la figura 2.12, instalada para energizar los distintos componentes del tablero de control.

Entre sus características principales están las que se muestran a continuación en la tabla 2.5.

	Voltaje	100-240 VAC	
Entrada	Frecuencia	50-60 Hz	
	Corriente	1,22 A para 120V	
	Comente	0,66 A para 240V	
Salida	Voltaje	24 VDC	
Sallua	Corriente	0 2,5 A	
	Comp. dinám. variación de red (Ue nom ±15%), máx.	0,20%	
Regulación	Comp. dinám. variación de carga (ls: 10/90/10 %), Us ± típ.	2%	

**Tabla 2.5** Características eléctricas principales de Fuente DC. [11]



Figura 2.12 Fuente SIEMENS 24VDC / 2.5A. [11]

Esta fuente se instaló para tener independencia de la fuente de servicio del PLC porque es de 400 mA, mientras que la de la fuente SIEMENS puede entregar hasta 2.5 A, ya que se requiere energizar distintos elementos como los relés, el sensor inductivo, y la salida común de las salidas digitales de la cámara.

#### Sensor inductive 24VDC

Como se mencionó anteriormente el sensor se encuentra instalado en el piñón acoplado a la banda transportadora, como se indica en la figura 2.9a.

La señal que se genera, producto de que los tornillos acoplados en dicho piñón pasan cerca del sensor, está directamente conectada a la cámara para que ésta adquiera nuevas imágenes cuando la banda transportadora se encuentre en movimiento.



Figura 2.13 Sensor inductivo.

Su conexión en el tablero de control se encuentra como se muestra a continuación en la tabla 2.6.

Color del Cable (Sensor Inductivo)	Conexión
Café	+24V
Azul	0V
Negro	Trigger + (cable azul cámara)

Tabla 2.6 Cables de conexión de sensor inductivo.

#### • Cable I/O Cámara COGNEX

La conexión de los cables de Entradas/salidas está dispuesta, como se indica en la tabla 2.7, de la siguiente manera en el tablero de control.

Color del Cable	Conexión	
(Cámara)		
Café	X1 (PLC)	
Blanco	X2 (PLC)	
Gris	+24V	
Azul	Trigger Sensor inductivo (cable negro)	
Negro	0V	

Tabla 2.7 Conexión de cable I/O de cámara en el tablero de control.

#### Pulsador

Pulsador NA (Normalmente Abierto); una vez habilitada la banda transportadora desde la interfaz por parte del operador a cargo, el operador que se encuentra ubicado en el sitio de medición de tallos de palmito puede arrancarla activando este pulsador.



Figura 2.14 Pulsador NA.

#### Selector

Selector ON/OFF; mediante este elemento se enciende el equipo, es decir se energiza el tablero de control, conectando de esta manera la cámara y la iluminación.

El encendido del computador, en el que se encuentra la interfaz de usuario, es aparte ya que está ubicado en otro sitio.



Figura 2.15 Selector.

#### Pulsador de Paro

Pulsador NC (Normalmente Cerrado) tipo hongo, mostrado en la figura 2.16; está dispuesto para que en caso de que ocurra algún error o alguna emergencia se detenga la banda transportadora.



Figura 2.16 Pulsador de emergencia.

#### Torre de luces

En la parte superior del tablero se encuentra una torre de luces, con luz de color amarillo y otra de color rojo.

Dicha torre de luces se puede observar a continuación en la figura 2.17. La luz amarilla indica al operador ubicado en el sitio de medición de tallos de palmito que la banda está habilitada y puede activarla mediante el pulsador, mientras que la luz roja se enciende cuando finaliza la medición de los tallos, a su vez indicando que no se puede arrancar la banda transportadora.



Figura 2.17 Torre de luces.

#### • Relés electromecánicos 24VDC

Implementados para el manejo de las luces y del motor de la banda transportadora. Entre sus características principales se indican las siguientes:

BOBINA	Voltaje	24 VDC
ВОВІНА	Corriente	21,6 mA
CONTACTOS	Carga nominal	10A a 30 VDC
	V máx. de switcheo	125 VDC
	I máx. de switcheo	10 A
	Tiempo activación	15 ms máx.
	Tiempo desactivación	5 ms máx.

Tabla 2.8 Características principales relé electromagnético. [12]



Figura 2.18 Relé electromecánico. [12]

#### Borneras

Utilizadas para conectar entre sí los diferentes elementos implementados en el tablero de control. (Figura 2.19).



Figura 2.19 Bornera de conexión.

#### Tomacorriente

Implementado en caso de que se requiera iluminar el tablero si se hace alguna revisión en la noche principalmente o si se desea conectar un computador en ese sitio.



Figura 2.20 Tomacorriente.

### • Breaker Termo magnético

Elemento de protección del tablero de control.

Para establecer el valor de corriente del breaker, se sumaron las corrientes de cada componente a plena carga a 110V / 60 Hz, como se indica en la tabla 2.9, la corriente del breaker resultante es de 2A.



Figura 2.21 Breaker termo magnético.

CÁLCULO DE PROTECCIÓN		
Elementos	Corriente [A]	
PLC	0,25	
Fuente DC	1,2	
Iluminación	0,1	
Fuente POE	0,5	
Total	2,05	

**Tabla 2.9** Suma de corrientes para dimensionamiento de breaker.

Para observar el plano P&ID y la vista general del sistema implementado, ver los planos adjuntos en el ANEXO A

Para visualizar las conexiones del tablero de control detalladamente, ver los planos adjuntos en el ANEXO B.

# **CAPÍTULO 3**

# DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PALMITOS

Para el funcionamiento del sistema de medición de tallos de palmito, se requiere de la programación de tres componentes que se complementan, los que son:

- Programación de la cámara COGNEX.
- Programación en VBA de MS EXCEL 2007 para adquisición de datos y generación del archivo plano necesario.
- Programación de PLC

Se estableció que la medición se realice con visión artificial porque no existe intervención humana en el proceso y porque es el método más flexible y preciso ya que otra alternativa podría haber sido colocar sensores ópticos a lo largo de la banda transportadora y en base a la cantidad de sensores que se activen determinar la medida aproximada del tallo, lo cual no hubiera sido aplicable ya que se requiere que la medida sea lo más exacta posible.

# 3.1 PROGRAMACIÓN EN IN-SIGHT EXPLORER 4.6

Para la calibración y ajuste de parámetros en el entorno de programación In-Sight Explorer 4.6 de la cámara COGNEX se lo puede hacer bajo dos modos propios del In-Sight, éstos son en modo EasyBuilder y Spreadsheet, los cuales son explicados a continuación.

Para el presente proyecto dicha calibración y ajuste de parámetros se realizó en modo Spreadsheet ya que presenta más funciones, necesarias para esta aplicación.

#### 3.1.1 EASYBUILDER

En este modo, la programación es relativamente más sencilla, la selección de parámetros es más simplificada, pero no se tiene algunas posibilidades adicionales que se presentan en el modo Spreadsheet que se explicarán más adelante. Se puede decir que en este modo se programa aplicaciones sencillas y no requiere de mucha minuciosidad.

La visualización del modo EasyBuilder es la siguiente:

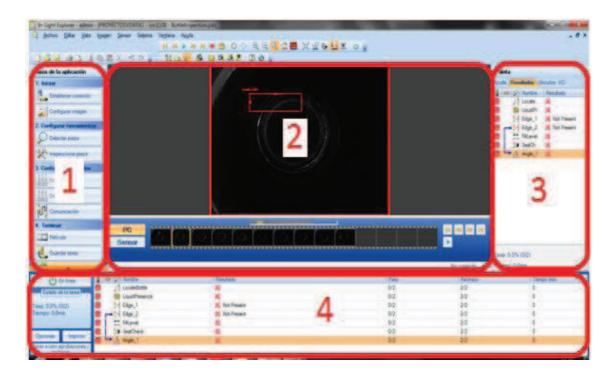


Figura 3.1 Visualización Modo EasyBuilder.

#### 1. Pasos de aplicación

En este cuadro se va realizando la calibración y ajuste de parámetros de la tarea paso a paso, dichos pasos se explican a continuación:

#### a. Establecer Conexión

Se seleccionan y se conectan las cámaras o emuladores In-Sight, una vez conectados físicamente y si aún no aparecen en la lista de cámaras conectadas, se debe hacer los ajustes de red necesarios en el computador para poder visualizarlo, es decir realizar ajustes de la dirección IP del computador o la cámara.



Figura 3.2 Establecer conexión - modo EasyBuilder.

#### b. Configurar Imagen

En este paso se seleccionan los parámetros de la imagen, tales como el tipo de trigger que va a disparar a la cámara, el tiempo de exposición de luz sobre el campo de visión, el tipo de calibración (usado para efectuar mediciones como este caso), todas estas opciones se despliegan en el cuadro de estado.



Figura 3.3 Configurar imagen - modo EasyBuilder.

#### c. Detectar Pieza

Este paso es opcional, se lo utiliza para el seguimiento del objeto a analizar y determinar sus características de todas formas, porque se presentan casos en que en la imagen adquirida el objeto está en un lugar diferente en el campo de visión.

Se pueden utilizar diversas herramientas para ubicar una pieza, éstas se despliegan en el cuadro de estado, como se indica en la figura 3.4, tales como Patrón, Margen, Blob, etc.

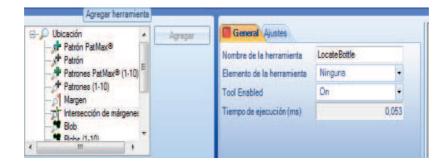


Figura 3.4 Detectar pieza - modo EasyBuilder.

#### d. Inspeccionar Pieza

Una vez establecidas las características que se desean ver con la cámara, se implementan las herramientas necesarias para que la aplicación sea exitosa, dichas herramientas también se despliegan en el cuadro de estado.

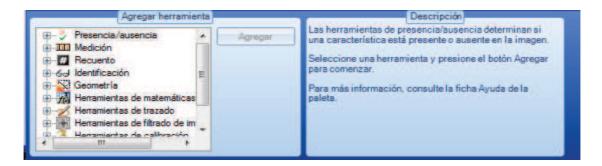


Figura 3.5 Inspeccionar pieza - modo EasyBuilder.

#### e. Entradas

Si se requiere entradas digitales adicionales para el funcionamiento de la cámara, primeramente se debe disponer de la tarjeta de expansión de entradas/salidas y aquí es donde se configura.

#### f. Salidas

En este paso se configuran las salidas digitales que dispone la cámara y de acuerdo a los requerimientos de funcionamiento de la aplicación se las activan, pueden ser en forma de pulso o escalón.

#### g. Comunicación

En este paso es donde se hacen las configuraciones necesarias para establecer comunicación con PLC's o robots.

Además se puede configurar para intercambio de datos mediante OPC (como es el caso de este proyecto) o Easyview para el panel VisionView que es una pantalla touchscreen de la misma marca de la cámara, o para exportar imágenes mediante FTP.





Figura 3.6 Comunicación - modo EasyBuilder.

#### h. Película

En este paso, como se muestra en la figura 3.7, se configura la opción de revisar en el proceso mismo las imágenes de objetos aprobados o rechazados, o de guardar ciertas imágenes en una carpeta específica cuando sea necesario hacerlo.

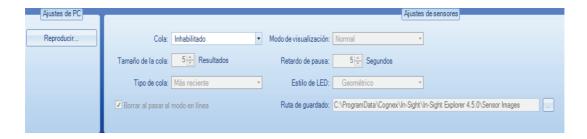


Figura 3.7 Película - modo EasyBuilder.

#### i. Guardar Tarea

Se guarda la aplicación desarrollada, tiene la posibilidad de configurar las opciones de inicio, es decir cuando se enciende la cámara que arranque con una aplicación específica y en línea, es decir lista para adquirir imágenes.

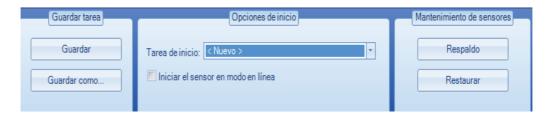


Figura 3.8 Guardar tarea - modo EasyBuilder.

#### j. Ejecutar Tarea

Se pone en línea a la cámara, es decir ya está lista para adquirir imágenes del proceso, además en el cuadro de estado se pueden visualizar las herramientas implementadas en la aplicación con las estadísticas en cuanto a objetos aprobados y rechazados, además del tiempo de proceso que le toma a la cámara analizar los objetos.



Figura 3.9 Cuadro de estado cuando se ejecuta la tarea - modo EasyBuilder.

#### 2. Visualización de imagen y película

En esta ventana se visualiza la imagen del objeto a inspeccionar, y en la película que se encuentra en la parte inferior se pueden ver las imágenes que pertenecen a los objetos rechazados y/o aprobados.

#### 3. Paleta

Es donde se visualizan las herramientas implementadas en la tarea que se va a ejecutar. Además se despliega también una pantalla de ayuda.

#### 4. Cuadro de Estado

Conforme van cambiando los pasos de aplicación va cambiando la información concerniente a cada paso, en los gráficos de la figura 3.2 hasta la figura 3.9 se puede observar el cambio del cuadro de estado.

#### 3.1.2 SPREADSHEET

Es el utilizado en el presente proyecto, se indica en la figura 3.10. En este modo la programación es más detallada, se programa en una hoja de cálculo, tiene más funcionalidad que en EasyBuilder ya que se pueden realizar funciones lógicas más avanzadas, además de crear interfaces de usuario personalizadas.

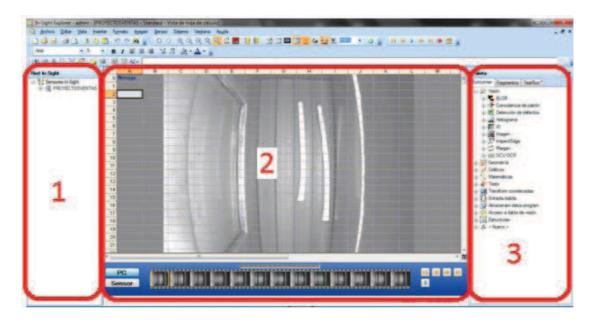


Figura 3.10 Visualización Modo Spreadsheet.

#### 1. Red In-Sight

Al igual que en el primer paso de aplicación en EasyBuilder aquí se escogen y se conectan las cámaras o emuladores In-Sight, cuando se conectan físicamente y si no aparecen en la lista de la Red In-Sight, se deben hacer los ajustes de red necesarios en el computador para poder visualizar.

#### 2. Hoja de cálculo y película

Se presenta la hoja de cálculo donde se hace la selección y ajuste de parámetros, es decir la programación de la tarea que se desea ejecutar, además se puede visualizar la imagen del objeto a inspeccionar y mediante un icono habilitar o deshabilitar la hoja de cálculo para visualizar por completo la imagen. En la película de la parte inferior se pueden ver las imágenes que pertenecen a los objetos rechazados y/o aprobados.

#### 3. Paleta

Se encuentran las herramientas a ser utilizadas en la programación de la tarea a ejecutarse.

# 3.1.3 PROGRAMACIÓN PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE TALLOS DE PALMITO

Una vez ubicada la cámara en el sitio determinado, realizados los ajustes respectivos en el lente para tener una visualización adecuada de la imagen, se deben tomar imágenes del objeto a ser inspeccionado, en este caso se hace operar la banda con tallos de palmito y guardar dichas imágenes en una carpeta específica para poder desarrollar la tarea en base a estas imágenes.

#### 3.1.3.1 Grabar imágenes

#### • Poner en línea a la cámara

Se debe poner en línea a la cámara, es decir se debe activar el ícono indicado en la figura 3.11, para tomar las imágenes reales del proceso.



Figura 3.11 Cámara en línea.

### Escoger la carpeta

Se activa el ícono "Opciones de grabación/reproducción", como se muestra a continuación en la figura 3.12.



Figura 3.12 Opciones de grabación / reproducción.

Posteriormente se despliega la ventana en la que se elige la pestaña Registro, y se selecciona la carpeta donde se desea guardar las imágenes del objeto a ser inspeccionado.

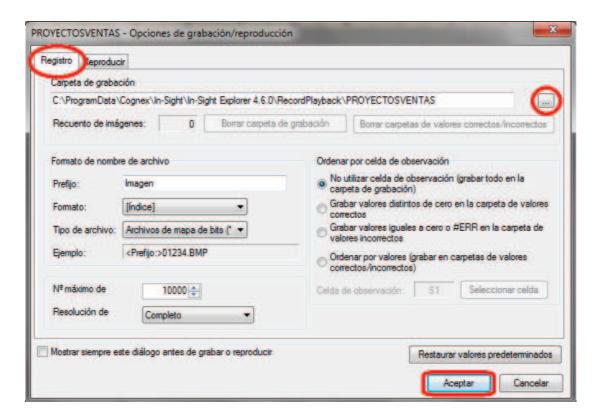


Figura 3.13 Pasos para grabar imágenes.

Una vez que se escoge la carpeta donde se van a guardar las imágenes, se habilita para que se guarden conforme vayan pasando los tallos en la banda transportadora en este caso.

Se activa el ícono de Registro como se indica en la figura 3.14.



Figura 3.14 Botón que da inicio y fin a la grabación de imágenes.

#### • Arrancar la banda transportadora

Una vez arrancada la banda transportadora, y con el ícono de registro activado, las imágenes se van a grabar en la carpeta destinada. Es necesario arrancar la banda porque se van a tomar imágenes del proceso real.

Una vez que se hayan tomado las imágenes necesarias se detiene la grabación desactivando el mismo ícono.

#### 3.1.3.2 Cargar imágenes

#### • Fuera de línea la cámara

Se debe sacar de línea la cámara para que se habiliten las funciones para poder programar.

Se desactiva el ícono indicado anteriormente en la figura 3.11 que sirve para poner en línea y fuera de línea a la cámara.

## • Escoger la carpeta

Se selecciona el ícono "Opciones de grabación/reproducción".

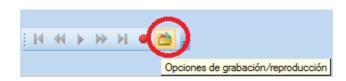


Figura 3.15 Opciones de grabación / reproducción.

En la ventana que se despliega se escoge la pestaña Reproducir, y se selecciona la carpeta donde se encuentran guardadas las imágenes para realizar la tarea en base a dichas imágenes.

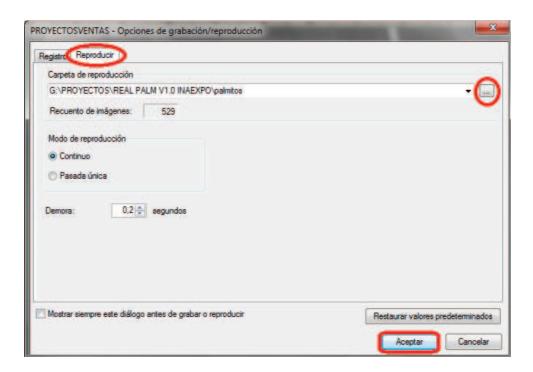


Figura 3.16 Pasos para cargar imágenes.

## • Programar en base a las imágenes guardadas.

Para desarrollar el programa con las imágenes del proceso simplemente se selecciona en la parte izquierda de la película el botón PC y para seguir pasando las imágenes se utilizan los botones señalados en la parte derecha de la película, como se puede visualizar en la figura 3.17.

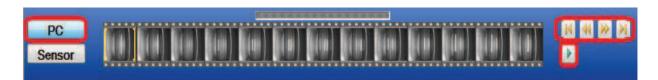


Figura 3.17 Imágenes guardadas que van a ser usadas.

#### 3.1.3.3 Adquisición de imagen

Para iniciar con la programación en la celda A0, como se indica en la figura 3.18, se tiene la estructura Image. Aquí es donde se contiene la imagen adquirida.

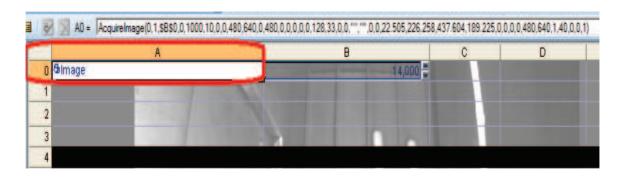
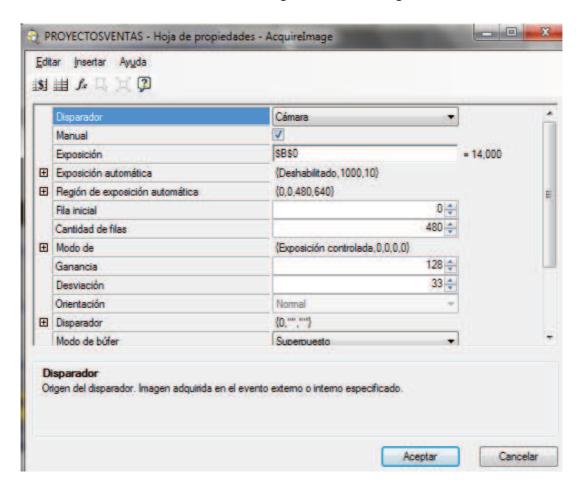


Figura 3.18 Estructura Image.

En esta estructura se establecen varios parámetros, se los puede visualizar haciendo doble clic en la estructura Image, se tiene lo siguiente:



**Figura 3.19** Propiedades de estructura Image.

Entre los principales aspectos a tomar en cuenta están:

#### - Disparador:

Se escoge cámara para que se tomen nuevas imágenes con la señal de trigger del sensor inductivo en este caso.

#### Exposición:

Es el tiempo de exposición de luz en milisegundos, se lo puede asociar con una celda, como en este caso está asociado con la celda B0.

#### Región métrica del foco:

Es la región de interés sobre la que se hace la inspección

#### 3.1.3.4 Detección de bordes en tallos de palmito

Debido a que se desea establecer la medida de longitud del tallo, se lo debe hacer de extremo a extremo, para lo cual se debe encontrar los bordes superior e inferior del tallo, no es posible otro método ya que éste es el apropiado mediante el cual se pueden obtener medidas más exactas sin perjudicar al agricultor.

Por esta razón se estableció que la banda sea azul para que tenga contraste con los tallos que son de color blanco y poder encontrar con mayor facilidad los bordes del mismo.

La herramienta para encontrar los bordes es **FINDLINE**, y en las celdas B11 y B14 se tienen las estructuras EDGE.



Figura 3.20 Ubicación de estructuras EDGE.

Lo que indican las estructuras son las coordenadas de la línea o borde encontrado y la puntuación indica un valor de acuerdo al contraste existente en este caso de negro a blanco.

Para encontrar los bordes se deben establecer los diferentes parámetros que se indican a continuación en la figura 3.21.

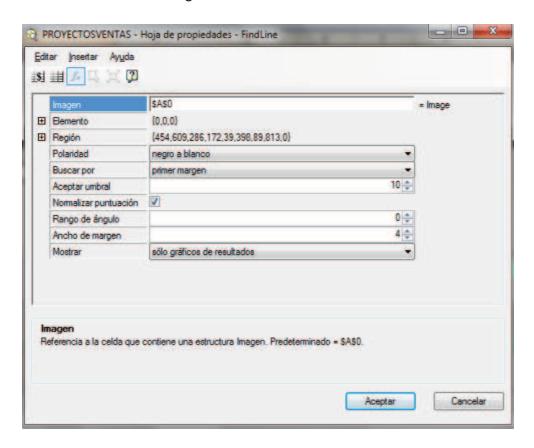


Figura 3.21 Propiedades de herramienta FINDLINE.

Entre los principales parámetros a tomar en cuenta son:

#### - Región:

Es la región de interés donde se desea encontrar un borde. Se establece también el sentido en el que se busca el borde. (Figura 3.22).

#### - Polaridad:

Para encontrar un borde debe haber un cambio importante en la escala de grises de la imagen de acuerdo al sentido en que se busca el borde, el sistema permite encontrar bordes en cambios de negro a blanco, blanco a negro o cualquiera (encuentra en cualquier sentido).

Para esta aplicación se utiliza la polaridad de negro a blanco.

#### - Buscar por:

Cuando en la región se tienen varios bordes a ser encontrados, se debe escoger qué borde es el que se desea localizar, el sistema permite escoger el primer margen encontrado, el último o el de mejor puntuación (es decir en el que el cambio en la escala de grises es más notorio).

Para esta aplicación se desea encontrar el primer margen.

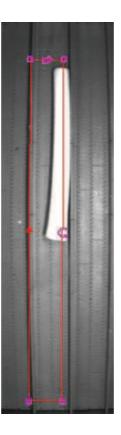


Figura 3.22 Región de interés, donde se busca el borde inferior.

Se puede observar en la figura 3.22 que la región de interés está dispuesta en el ancho de la banda transportadora. Para encontrar el borde inferior del tallo el sentido de la búsqueda del mismo es de abajo hacia arriba con la polaridad de negro a blanco.

### - Aceptar umbral:

Todo cambio en la escala de grises para encontrar bordes tiene su respectiva puntuación ya que existe un contraste, en esta opción es donde se establece el mínimo puntaje para que sea encontrado un borde.

Para esta aplicación con los tallos de palmito se escoge un puntaje de 10.

#### - Mostrar:

Se manejan varias opciones, aquí simplemente se escoge si se desea mirar en el proceso el borde encontrado o no. Para el presente proyecto se estableció que se deben graficar los bordes encontrados.

Para encontrar el borde superior se realiza la misma calibración, la diferencia radica en que únicamente el sentido de búsqueda del borde cambia, ahora es de arriba hacia abajo, como se indica a continuación en la figura 3.23.

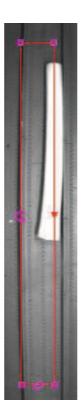


Figura 3.23 Región de interés, donde se busca el borde superior.

#### 3.1.3.5 Medida en pixeles

Debido a que lo que tenemos en la imagen son pixeles, la medida entre los bordes que se obtiene es también en pixeles.

Para obtener la medida en centímetros del tallo, directamente se puede hacer la calibración y evitar hacer este paso sin indicar la medida en pixeles. Pero con el objetivo de visualizar en el computador la distancia que se dibuja en cada tallo, tal como se indica en la figura 3.25, se debe hacer lo que se explica a continuación.

Una vez encontrados los bordes superior e inferior se utiliza la herramienta MIDLINE TO MIDLINE, en la celda B17 se tiene la estructura DIST, como se puede observar en la figura 3.24.

Lo que indica la estructura DIST en la hoja de cálculo son las coordenadas de la línea trazada de borde a borde y la distancia en pixeles entre los mismos.

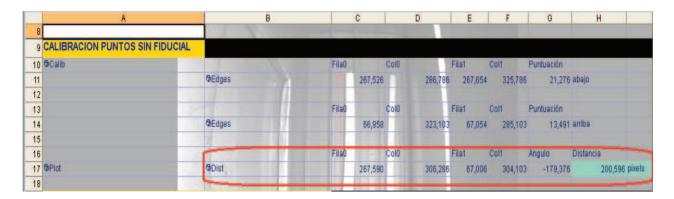


Figura 3.24 Ubicación de estructuras DIST.



Figura 3.25 Distancia entre los bordes encontrados del tallo de palmito.

#### 3.1.3.6 Calibración para obtener medida en centímetros

Para obtener la medida en centímetros de los tallos se debe hacer la calibración necesaria que consiste en cambiar la referencia que se tiene en pixeles a centímetros. La calibración se debe hacer a lo largo de la región que nos interesa para que la distorsión de la imagen debido a la curvatura del lente no afecte

gravemente, ya que a distancias grandes la imagen tiende a redondearse y lo que se desea es obtener medidas precisas.

El programa In-Sight tiene varias herramientas para realizar esta calibración, y son las que se enuncian a continuación.

## • CALIBRATE:

Esta calibración es básica, lo que se hace es especificar 4 puntos de la región que interesa, en coordenadas "punto de pixel" (la que se tiene en la imagen), y en coordenadas "punto mundial" (donde se especifican las coordenadas en centímetros o de acuerdo a la medida que convenga), como se muestra en la figura 3.26.

Se utiliza para aplicaciones sencillas, donde la altura del plano de trabajo a la cámara es pequeña.

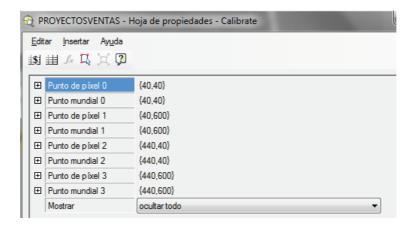


Figura 3.26 Propiedades de estructura CALIB - herramienta CALIBRATE.

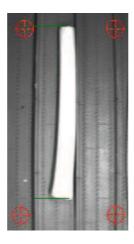


Figura 3.27 Puntos de calibración.

En la figura 3.27 se pueden observar los 4 puntos que son establecidos en coordenadas "punto de pixel".

## CALIBRATE ADVANCED:

En este tipo de calibración a diferencia del anterior se pueden utilizar hasta 32 coordenadas, ya no solamente 4, teniendo así más precisión en la aplicación que se vaya a ejecutar.

## CALIBRATE GRID:

En esta calibración se utiliza una grilla de puntos separados a la misma distancia o una cuadricula impresa, ya que la cámara debe encontrar los puntos y de acuerdo a éstos se transforma de pixeles a la medida deseada.

Para este proyecto se utiliza la herramienta CALIBRATE GRID porque con la grilla de puntos se tienen medidas exactas entre éstos y no interviene el ojo humano, además debido a que la distancia de trabajo es grande y se tiene cierta distorsión ayuda a que la medida sea precisa.



Figura 3.28 Estructura CALIB – herramienta CALIBRATE GRID.

Para calibrar en este modo, una vez ubicada la herramienta en la celda A10 se tiene la estructura CALIB y se despliega un menú para proceder paso a paso, consiste en:

# a) Configuración

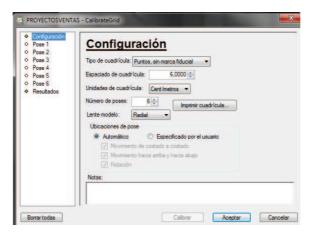


Figura 3.29 Configuración CALIBRATE GRID.

En la configuración se deben establecer los siguientes parámetros:

# • Tipo de cuadrícula:

Se disponen de varias opciones, las cuales son:

# > Tablero, con marca fiducial

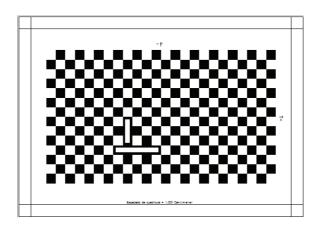


Figura 3.30 Tablero con marca fiducial.

Consiste en una cuadrícula y cada cuadrado tiene la medida según lo especificado en el "espaciado de la cuadrícula". La marca fiducial son los rectángulos ubicados dentro de la cuadricula, se utiliza para aplicaciones de posición, por ejemplo para que un robot ubique piezas en lugares exactos. Los puntos que detecta la cámara para su calibración son los cruces entre los vértices de los cuadrados negros. (Figura 3.30)

# > Tablero, sin marca fiducial

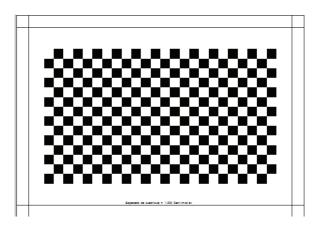


Figura 3.31 Tablero sin marca fiducial.

Se tiene la cuadrícula sin los rectángulos de la marca fiducial. (Figura 3.31)



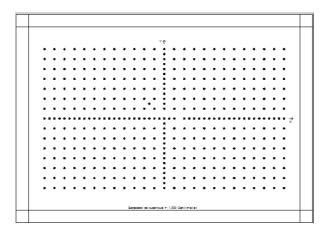


Figura 3.32 Puntos con marca fiducial.

Es una matriz de puntos, la distancia entre cada uno de ellos es según la especificada en la configuración.

Aquí la marca fiducial consiste en los ejes en "x" e "y" que sirven para aplicaciones de posición. Para la calibración la cámara detecta dichos puntos. (Figura 3.32)

# > Puntos, sin marca fiducial

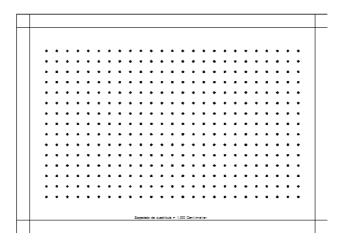


Figura 3.33 Puntos sin marca fiducial.

Se tiene la matriz de puntos pero sin la marca fiducial. (Figura 3.33).

Para este proyecto se utilizó este tipo de cuadrícula (Puntos, sin marca fiducial), debido a que no es una aplicación donde la posición sea un parámetro a tomar en cuenta.

# • Espaciado de cuadrícula:

Es la distancia a la que van a estar separados los puntos o la cuadrícula.

## Unidades de cuadrícula:

Es la unidad de medida de la distancia especificada en el espaciado de cuadrícula, puede estar dado en micras, milímetros, centímetros, o pulgadas.

# Número de poses:

Cuando un tipo de cuadrícula no ocupa todo el campo de visión, se deben utilizar varias cuadrículas o matrices de puntos para tener una calibración óptima.

La misma cuadrícula se va utilizando en diferentes partes del campo de visión, a esto se le llama poses y se establece un número de ellas para realizar la calibración.

## • Imprimir cuadrícula:

Se visualiza el tipo de cuadricula escogido y se establecen los parámetros de una impresión normal.

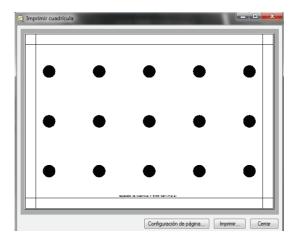


Figura 3.34 Cuadrícula a imprimirse.

## Lente modelo:

Se tiene dos opciones radial y proyección, el que se utiliza en este proyecto es radial.

# b) Poses

Una vez configurados los parámetros necesarios para la calibración se procede a realizar la toma de las poses, que para este proyecto consiste en desplazar la matriz de puntos, con espaciado de cuadrícula de 6 centímetros e impresa en A3, a lo largo del campo de visión, ya que con esas características la cámara a esa distancia lograba distinguir los puntos de la matriz.

En este proyecto se utilizan 6 poses, es decir para cubrir todo el campo de visión se van a tomar 6 imágenes, cada una con diferente posición de la matriz de puntos en todo el ancho de la banda transportadora.



**Figura 3.35** Posición de cuadrícula para primera pose.

Así para la primera pose la matriz de puntos iría ubicada en la zona inferior de la banda como se puede ver en la figura 3.35, y conforme se cambie la pose se va desplazando dicha matriz, hasta terminar con la pose 6 en la zona superior de la banda como se indica en la figura 3.36.



Figura 3.36 Posición de cuadrícula para última pose.

Para realizar las poses una vez colocada la matriz de puntos se debe hacer lo siguiente:

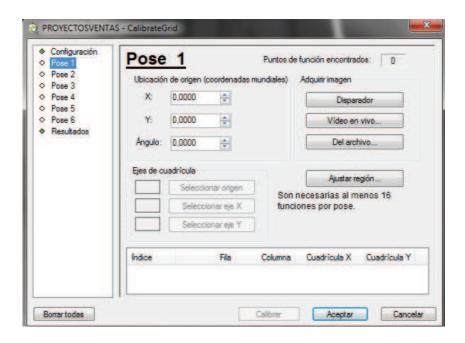


Figura 3.37 Configuración de poses.

# I. Ajustar Región.

Se activa el botón "Ajustar región" que se puede observar en el cuadro de diálogo de la figura 3.37. Se selecciona la zona de interés, como se visualiza en la figura 3.38.



Figura 3.38 Ajuste de región para pose.

# II. Adquirir la imagen.

Se pulsa en el botón "Disparador" que se puede observar en el cuadro de diálogo indicado en la figura 3.37. Se debe verificar que todos los puntos de la matriz hayan sido encontrados por la cámara y no existan puntos encontrados fuera de la matriz, cuando se encuentran los puntos se visualiza así:

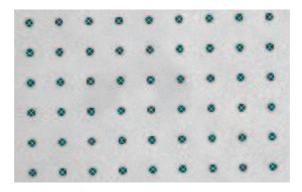


Figura 3.39 Puntos encontrados.

# III. Seleccionar origen, eje X, eje Y.

Una vez encontrados los puntos se seleccionan tres para que sean tomados como referencia, dichos puntos son origen, eje X, eje Y.

Una vez acabada la calibración de la pose y si está correctamente realizada, la viñeta de la respectiva pose se pone en color verde. El ajuste

de cada pose es el mismo, cuando se llega a la última, se habilita el botón calibrar.

# c) Resultados

Cuando se activa el botón calibrar se pueden visualizar todos los puntos encontrados, en este caso en las 6 poses realizadas, como se puede observar en la figura 3.40 se encontraron todos los puntos en la región de interés.

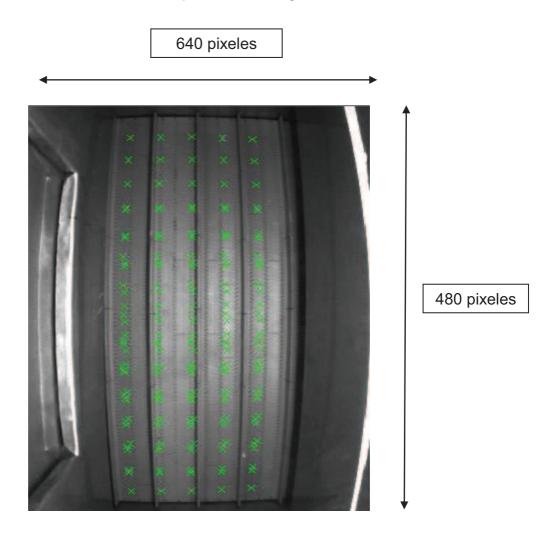


Figura 3.40 Total de puntos encontrados de todas las poses.

El programa nos entrega los resultados de la calibración indicando los puntos encontrados, el error promedio y máximo, mostrando también en una escala si es un resultado calificado desde excelente hasta muy pobre, también despliega una lista de cada uno de los puntos encontrados especificando sus coordenadas en pixeles y sus coordenadas en la medida que se realizó la calibración como se indica en la figura 3.41.



Figura 3.41 Resultados de la calibración.

Como el ancho de la banda transportadora es de aproximadamente 90 cm y corresponden a los 480 pixeles implica que 1cm = 5,33 pixeles ó 1mm = 0,5 pixeles. Con un error máximo de 0,912 pixeles se tiene un error máximo de 1,7mm. Es decir en la medida mínima de un tallo que es de 5cm el error máximo es del 3,4%, disminuyendo para medidas de tallos más grandes.

Debido a que la calibración se la hace para que la distorsión de la imagen redondeada no afecte gravemente, el error máximo en milímetros previamente calculado es sin considerar la distorsión, por lo tanto el error va a ser mayor.

El resultado que se obtuvo es bueno, pero se debe analizar posteriormente la medida que se obtenga para determinar si se hace una compensación.

## 3.1.3.7 Medida en centímetros

Una vez encontrados los bordes y realizada la calibración, para obtener la medida de los tallos en centímetros se utiliza la herramienta TRANS EDGES TO WORLD y en las celdas A21 y A24, como se indica en la figura 3.42, se tienen las estructuras EDGE.

Al aplicar esta herramienta, simplemente cambia las coordenadas de los bordes encontrados en pixeles a las nuevas coordenadas para posteriormente aplicar la herramienta MID LINE TO MID LINE, en la celda A27 se tiene la estructura DIST, pero en esta ocasión ya se tiene la medida en centímetros.

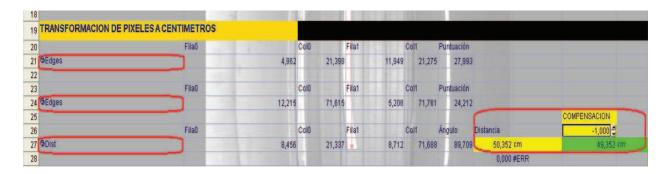


Figura 3.42 Estructuras EDGE calibradas para obtener medida en centímetros.

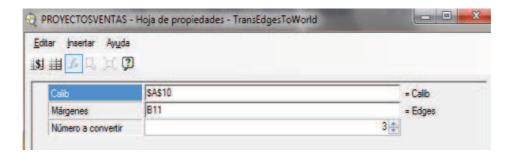


Figura 3.43 Propiedades de Herramienta TRANS EDGE TO WORLD.

Lo que se debe hacer cuando se aplica la herramienta TRANS EDGES TO WORLD en el cuadro de diálogo que se indica en la figura 3.43 es:

## Calib:

Colocar la celda en donde se encuentra la estructura CALIB (\$A\$10) que corresponde a la calibración.

## • Márgenes:

Colocar la celda donde se encuentra la estructura EDGES (B11) que se refiere al borde encontrado en primera instancia y que conjuntamente con el otro (B14) se obtiene la distancia en pixeles.

Así mismo se hace para el otro borde y poder obtener la medida en centímetros.

Además se tiene una compensación en la medida que se obtiene en centímetros, esto se hizo básicamente porque la distancia de trabajo es grande y la calibración no se la pudo mejorar aún más pese a que fue buena además de que la

desviación que se tenía era lineal porque la medida de los tallos realizada en forma manual variaba en la misma cantidad con respecto a la medida entregada por el sistema.

Se colocaron unos condicionantes en la programación para cuando circulen pedazos de tallos de palmito menores a 5 centímetros, que pueden ser basura, éstos no sean tomados en cuenta, es decir para que ni se cuente ni se mida ese tallo, con el fin de no perjudicar al productor.

# 3.1.3.8 Salidas digitales

Para activar las salidas digitales de la cámara se utiliza la herramienta WRITE DISCRETE, en las celdas A51 y A53 se visualiza el estado de la salida, como se muestra a continuación en la figura 3.44, adicionalmente en las celdas ubicadas junto a las mencionadas se visualizan unos indicadores.

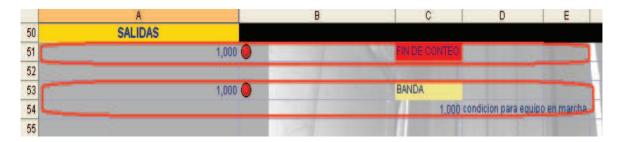


Figura 3.44 Visualización de salidas digitales.

En el cuadro de diálogo, que se indica en la figura 3.45, cuando se usa esta herramienta se debe establecer lo siguiente:

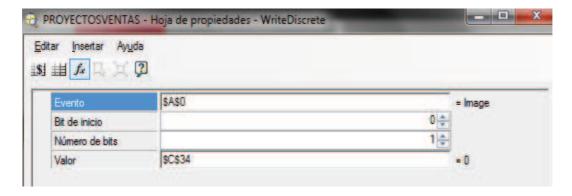


Figura 3.45 Propiedades de herramienta de salida WRITE DISCRETE.

## Evento:

Se coloca la celda donde se hace la adquisición de la imagen (\$A\$0), es un evento externo que obliga a una actualización, en este caso es la imagen porque con cada pulso del trigger se adquiere una nueva imagen.

## Bit de inicio:

Se especifica si es la salida 0 o salida 1 a activarse.

## Número de bits:

Bits a escribir, es únicamente un bit.

## Valor:

Se coloca la celda que hace que se active o desactive la salida digital.

# 3.1.3.8.1 Salida Digital 0. Paro de la banda

La celda que hace que se active o desactive la salida digital 0 es la C34, simplemente tiene la siguiente condición: If (L29=C401, 1,0)

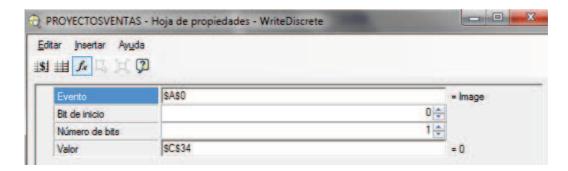


Figura 3.46 Configuración SALIDA 0.

## Donde:

L29 es la celda donde se encuentra el conteo de los tallos.

C401 es la celda donde se establece el número de tallos que se van a medir.

Es así que cuando únicamente el conteo de los tallos es igual al preestablecido la salida digital se activará, deteniendo de esta manera la banda y bloquearla para que el operador no la pueda volver a activar.

## 3.1.3.8.2 Salida Digital 1. Habilitación de la banda

La celda que hace que se active o desactive la salida digital 1 es la C54, mediante la herramienta COUNT (contador), dentro de la cual se establecen varios parámetros, como se puede observar a continuación en la figura 3.47.

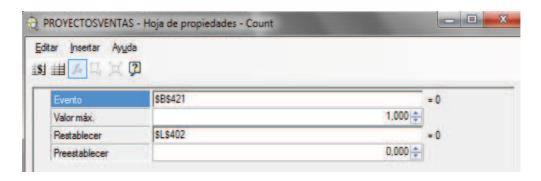


Figura 3.47 Configuración SALIDA 1.

Los parámetros a establecer son los siguientes:

## • Evento:

En este caso es la celda donde se encuentra el botón para habilitar la banda transportadora.

## Valor máx.:

Debido a que la salida digital se activa con un bit (0 o 1), el valor máximo a contar es de 1.

## Restablecer:

Se escoge la celda donde se encuentra el botón para resetear el conteo de tallos.

## Preestablecer:

Es el valor en el cual vuelve a iniciar el conteo después de restablecer el conteo.

La banda se habilita cuando se pulsa el botón "HABILITAR BANDA" en la interfaz de usuario, ya que pone en 1 a la salida. Ésta se deshabilita cuando se resetea el contador de tallos ya que es el paso previo para digitar el número de tallos a ser medidos por el sistema, para que luego nuevamente sea habilitada la banda y el operador active la misma.

## 3.2 ENLACE DE DATOS CON IN-SIGHT OPC SERVER

Para poder enlazar los datos de las medidas del programa In-Sight al MS Excel, COGNEX también ha desarrollado el In-Sight OPC Server, al tener un servidor OPC y debido a que se tiene una comunicación abierta, es posible que interaccione en este caso el In-Sight con el MS Excel.

Para realizar el envío de datos del In-Sight al Ms Excel, una vez instalado el In-Sight OPC Server se debe hacer lo siguiente:

# a) Declarar los TAGS en la aplicación desarrollada en In-Sight.

DATOS A ENVIAR	TAGS		
Medida de tallo	Medida		
Conteo de tallos	Conteo		
Número de tallos muestrear	Tallos		
Número secuencial referencial	Secuencial		

Tabla 3.1 TAGS.

En la celda donde se encuentra el dato deseado, se escoge la opción "Insertar etiqueta simbólica", como se indica a continuación en la figura 3.48.

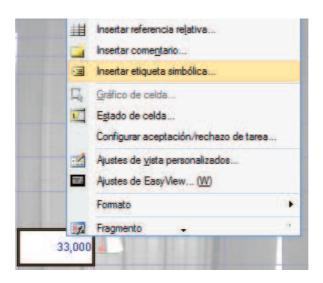


Figura 3.48 Insertar etiqueta simbólica.

Se selecciona "Usar OPC" y se cambia el nombre de "New Tag" que sale por defecto a un nombre deseado, como se muestra a continuación en la figura 3.49.

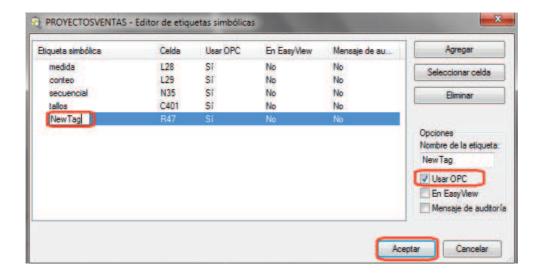


Figura 3.49 Editor de etiquetas simbólicas.

# b) Configurar el In-Sight OPC server.

Una vez abierto el programa In-Sight OPC server, se selecciona el ícono "Editar configuración", como se indica a continuación en la figura 3.50.

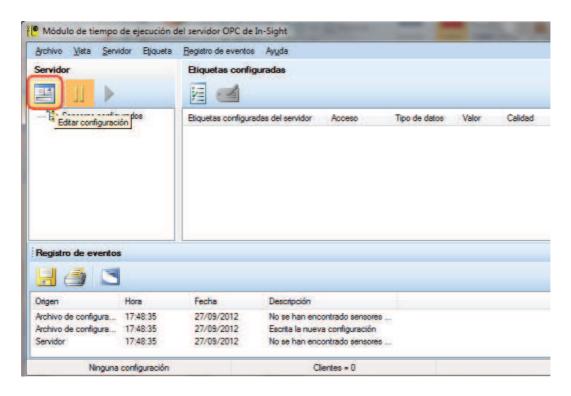


Figura 3.50 Configuración del servidor OPC de In-Sight.

En la ventana que se despliega, mostrada en la figura 3.51, en la columna correspondiente a "Sensores disponibles" se selecciona el ícono "Mostrar todos los sensores" para configurarlos. En donde se escoge la cámara para su configuración.

En la columna de "Etiquetas disponibles" se despliegan los TAGS que se configuraron en la tarea, adicional a esto también se puede tener acceso a otros datos propios de la cámara, como por ejemplo el contador de adquisiciones de imagen, LiveMode, etc., se los diferencia porque a un lado de cada TAG especifica si es del sensor (datos propios de la cámara) o de la Tarea (programa desarrollado en la cámara).

Posteriormente se seleccionan y agregan los TAGS que deseamos comunicar con MS Excel. Las etiquetas configuradas se enseñan en la figura 3.52.

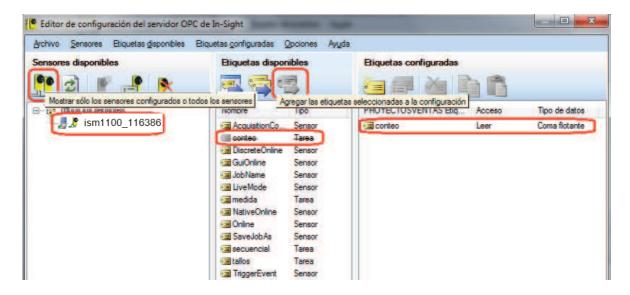


Figura 3.51 Pasos de configuración de OPC de In-Sight.

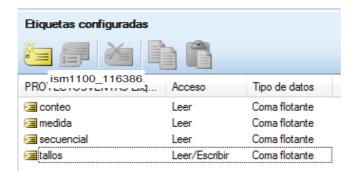


Figura 3.52 Etiquetas que se desean comunicar.

Las etiquetas también se las deben configurar, como se muestra en la figura 3.53, en donde se especifica el acceso, si es un dato a Leer o Leer/Escribir y el tipo de dato, si es coma flotante, secuencia de caracteres, numero entero, o valor booleano.

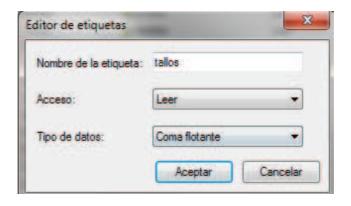


Figura 3.53 Editor de etiquetas.

Una vez agregados todos los TAGS se debe Guardar y salir de la Configuración, mostrándose en la figura 3.54. Cuando el OPC está correctamente configurado en el ícono de la cámara que se encuentra en la columna de "Servidor", como se indica en la figura 3.55, aparece un visto de color verde.

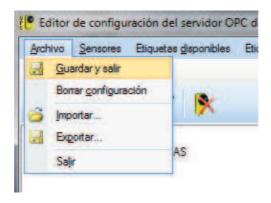


Figura 3.54 Guardar configuración de servidor OPC de In-Sight.

Para que la comunicación arranque se debe activar el botón EJECUTAR (Play) ubicado en la pantalla desplegada.

Adicionalmente se debe verificar que cada TAG en este caso tenga el valor que está actualmente en el programa In-Sight, esto se verifica en las "Etiquetas configuradas" que en la columna "Calidad" esté la palabra "Bueno", como se muestra en la figura 3.55.

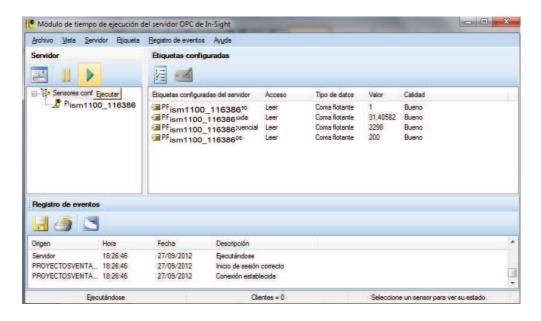


Figura 3.55 OPC configurado.

Finalmente en el Sys Tray (barra de íconos) se pude visualizar el ícono del OPC activado, así:

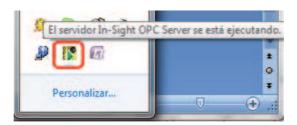


Figura 3.56 OPC activado.

## 3.3 DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

El programa In-Sight permite además desarrollar interfaces prácticas para el usuario. Para la aplicación desarrollada se han implementado botones, cuadros de diálogo, despliegue de mensajes, y un asistente.

# 3.3.1 BOTONES

Para crear un botón, se utiliza el comando BUTTON, se despliega la siguiente ventana de la figura 3.57 para configurar.

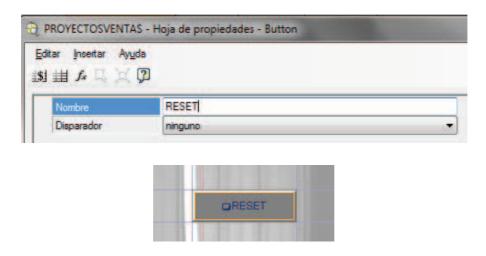


Figura 3.57 Botón RESET.

Los parámetros a establecer son los siguientes:

## • Nombre:

Se ingresa el nombre que se le quiere asignar al botón

# • Disparador:

Se lo puede usar como trigger para adquirir una imagen, pero normalmente se lo utiliza en modo ninguno porque se lo va a implementar en la interfaz.

## 3.3.2 CUADRO DE DIÁLOGO

Los cuadros de diálogos son aquellos que despliegan ventanas con más celdas, en las cuales se pueden ingresar más cosas tales como botones, números editables, textos, etc.

Se utiliza el comando DIALOG, se despliega la siguiente ventana, mostrada en la figura 3.58, para configurar.



Figura 3.58 Configuración de cuadro de diálogo.

Los parámetros a configurar son los siguientes:

# • Etiqueta:

Nombre del botón, del cuadro de dialogo.

# • Título de diálogo:

Nombre de la ventana.

## Alto:

Número de filas

## Ancho:

Número de columnas

Una vez finalizada la configuración del cuadro de diálogo, se añaden elementos en las celdas, como por ejemplo un botón o un mensaje como se indica en la figura 3.59.



Figura 3.59 Cuadro de diálogo.

# 3.3.3 DESPLIEGUE DE MENSAJES

Se utiliza principalmente para dar un aviso al operador de que se cumplió alguna condición en el proceso. En este proyecto se utiliza para avisar cuando la medición de los tallos de palmito ha llegado a su fin.

Se utiliza el comando MESSAGE BOX, y se despliega la siguiente ventana, indicada en la figura 3.60.

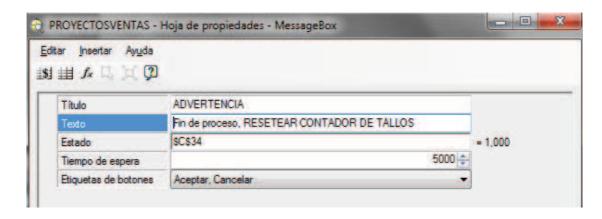


Figura 3.60 Configuración de MESSAGE BOX.

Los parámetros para su configuración son los que se indican a continuación:

## • Título:

Nombre de la ventana.

## • Texto:

Mensaje de aviso.

## • Estado:

Celda que al cambiar su estado lógico se despliega el mensaje.

# Tiempo de espera:

Tiempo en el que se mantiene el mensaje desplegado en la pantalla.

# • Etiquetas de botones:

Botones que se encuentran ubicados en el mensaje desplegado, pueden ser aceptar, cancelar / sí, no / cerrar.

Cuando el mensaje es configurado, éste aparecerá de acuerdo a los parámetros establecidos, como se muestra en la figura 3.61.

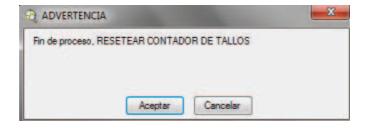


Figura 3.61 Mensaje que indica fin de medición.

## 3.3.4 ASISTENTE

Es una estructura que puede contener varios cuadros de dialogo, los cuales se los puede manejar en forma de menú (figura 3.62) o en forma secuencial (figura 3.63).

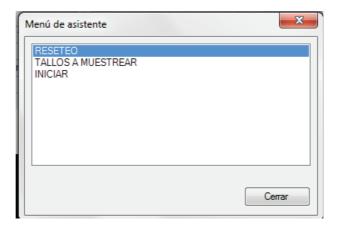


Figura 3.62 Asistente MODO MENÚ

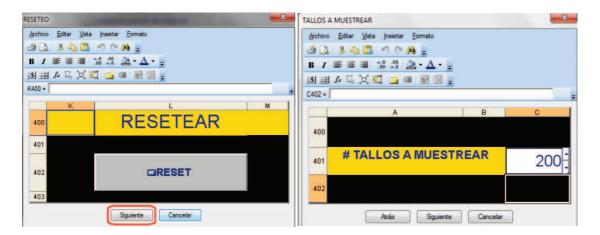


Figura 3.63 Asistente MODO SECUENCIAL

Se utiliza el comando WIZARD, se debe ingresar después del paréntesis lo siguiente:

- Nombre del botón del asistente (en esta aplicación se tienen dos asistentes, INICIO y SECUENCIAL.)
- 1 (si se despliegan los cuadros de diálogo en modo secuencial) o 0 (si se despliegan los cuadros de dialogo en modo menú).
- Celdas en las que están contenidos los distintos cuadros de diálogo.

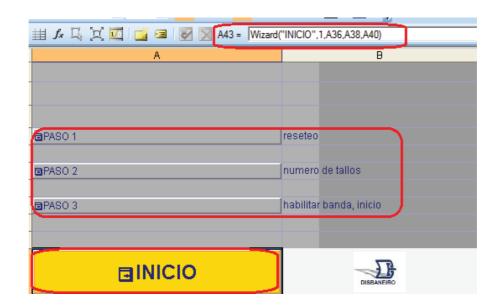


Figura 3.64 Cuadros de diálogo que son parte del ASISTENTE "INICIO"

# 3.3.5 DATOS QUE SE VISUALIZAN EN LA INTERFAZ

Los datos que se visualizan en la interfaz mientras se ejecuta un proceso de medición de tallos son los siguientes:



Figura 3.65 Datos que se visualizan en la interfaz.

- # de Tallos: Conteo de tallos.
- Distancia actual (cm): Medida en centímetros de cada tallo.
- Precio Unidad (USD): Precio del tallo individual.
- Precio Promedio (USD): Precio promedio de todos los tallos medidos.

• **Secuencial:** Número secuencial, aumenta en uno cada vez que se inicia un nuevo proceso de medición.

# 3.3.6 ARRANQUE DEL SISTEMA

Es importante que cuando arranque el sistema en el computador se inicialice automáticamente el programa de la cámara, es decir la interfaz debe desplegarse al iniciar el proceso de medición. Para que esto se logre, en las opciones que ofrece In-Sight Explorer se debe establecer qué cuando inicie Windows se ejecute In-Sight Explorer como se indica a continuación en la figura 3.66.

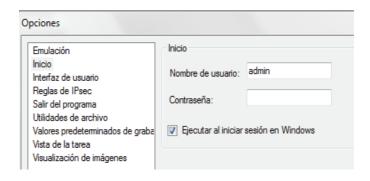


Figura 3.66 Ejecutar al iniciar sesión en Windows.

Y para que se ejecute la tarea cargada en la cámara, se debe especificar en "Inicio" que la cámara arranque en línea y con la tarea específica, como se muestra en la figura 3.67.

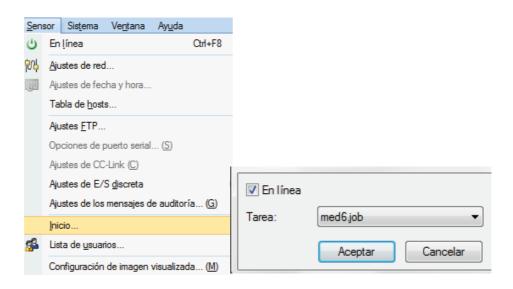


Figura 3.67 Inicio de cámara en línea y con tarea específica.

## 3.3.7 DESARROLLO DE LA TABLA DE PRECIOS

La realización de la tabla de los precios fue bajo un pedido especial de la planta INAEXPO, ya que vieron la necesidad de que el productor visualice además del conteo y la medida de los tallos, el precio unitario y precio promedio de los tallos muestreados, siendo éste el precio que va a coincidir con la factura emitida posteriormente.

Para la realización de la tabla de precios, primeramente hubo que aproximar la medida obtenida en dos decimales únicamente. Posteriormente, de acuerdo a la tabla de precios entregada por INAEXPO, se la realizó en In-Sight. Simplemente comparando la medida actual con los rangos de medidas y de acuerdo a esto obtener el precio unitario, y mediante el comando COMPUTE STATS obtener el precio promedio de los tallos medidos.

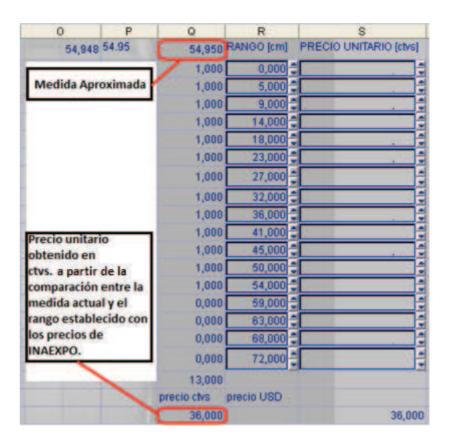


Figura 3.68 Desarrollo de tabla de precios

El comando COMPUTE STATS permite obtener diversos datos estadísticos a partir de una celda que contenga un dato numérico y vaya cambiando conforme

ocurra un evento (en este caso cada que se mida un palmito y se obtenga el precio unitario). Una vez aplicado este comando se despliega la siguiente ventana, mostrada en la figura 3.69.

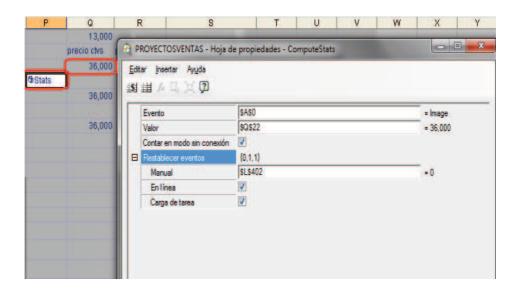


Figura 3.69 Propiedades del comando COMPUTE STATS

Se debe configurar de la siguiente manera:

#### Evento:

Es la imagen que se va adquiriendo conforme pasan los tallos en la banda transportadora (A0).

## Valor:

Es la celda con el dato numérico sobre el cual se va a obtener una estadística (Q22)

## Restablecer eventos:

Sirve para iniciar nuevamente una estadística. En este caso se restablece cuando se resetea el contador de tallos.

Los datos a los que se pueden acceder son los siguientes:

Máximo, mínimo, último, promedio, rango (máximo-mínimo), número de muestras, número de errores, suma de todos los valores, desviación estándar, varianza.

Los datos que se utilizan en la aplicación son el valor promedio y el último valor (para indicar el precio unitario cuando no pase ningún tallo aún por la banda después de que haya pasado uno). Para acceder a esos datos se utiliza el

comando GET MEAN y GET LATEST, ambos haciendo referencia a la celda donde se encuentra la estructura STATS.

## 3.3.8 VENTANAS Y OPERACIÓN EN LA INTERFAZ DE USUARIO

Aquí se describe lo que debe hacer el operador, se va a explicar el arranque, el cambio de número secuencial y la operación en la interfaz antes de cada proceso de medición.

# **3.3.8.1 Arranque**

Tomando en cuenta que la cámara y el computador están apagados, se debe realizar lo siguiente:

- a) Energizar el tablero de control, donde se va a encender la cámara.
- b) Encender el computador.
- c) Cuando inicia Windows, inicia In-Sight Explorer y la tarea de la cámara también se ejecuta, visualizando directamente la interfaz, como se indica en la figura 3.70, listo para iniciar con la medición de tallos.

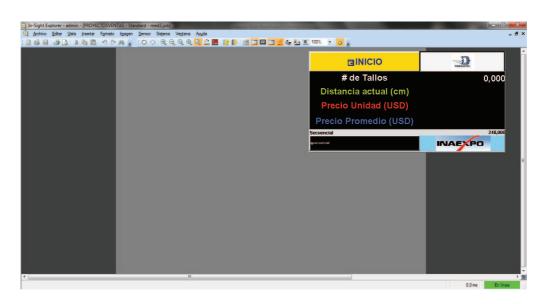


Figura 3.70 Programa de cámara listo.

d) Una vez iniciada la parte de visión artificial se debe ejecutar el archivo "ADQMT" realizado en MS Excel para la adquisición de datos. Para que quede listo para tomar los datos desde el OPC de In-Sight, cuando se abre se escoge la opción "Finalizar", como se muestra a continuación en la figura 3.71.

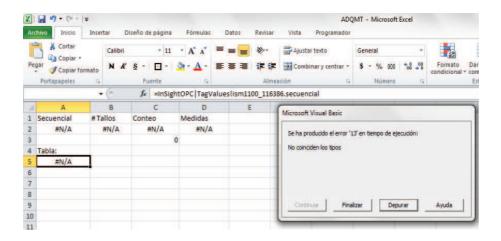


Figura 3.71 Ejecutar archivo "ADQMT".

Si en lugar de encender primero la cámara se enciende primero el computador, inicia In-Sight Explorer cuando inicia Windows, la diferencia es que ya no se ejecuta la tarea de la cámara automáticamente, y se encuentra con la siguiente pantalla:

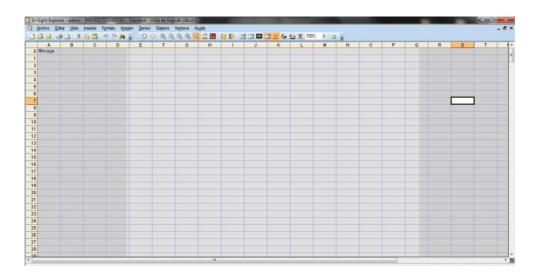


Figura 3.72 In-Sight inicializado

Para tener listo el programa de la cámara se debe hacer lo siguiente:

 En el menú Vista, activamos "Red In-Sight" para visualizar los dispositivos que se encuentran conectados, como se indica a continuación en la figura 3.73.

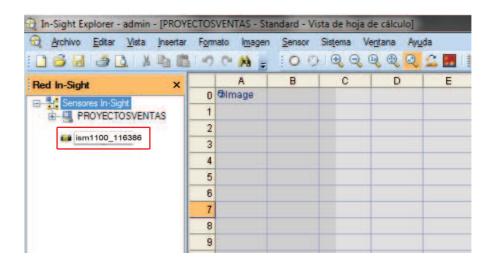


Figura 3.73 Visualización de Red In-Sight, cámara conectada.

 En la ventana que se despliega llamada "Red In-Sight" se conecta a la cámara seleccionando el ícono que tiene forma de cámara. En ese instante se visualiza la programación, como se muestra en la figura 3.74, y se procede a cerrar la ventana "Red In-Sight".

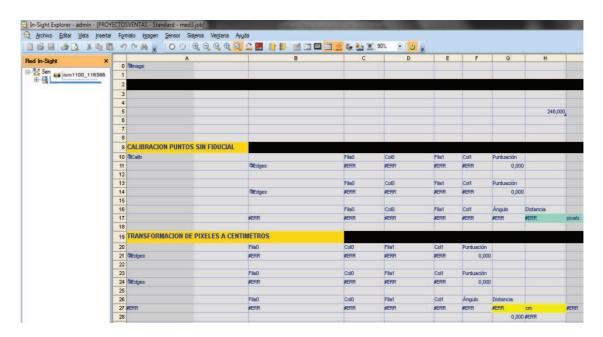


Figura 3.74 Visualización en spreadsheet de la tarea cargada en cámara In-Sight.

 Se habilita la vista personalizada en el ícono correspondiente, como se indica en la figura 3.75, para visualizar la interfaz de usuario, como es mostrada en la figura 3.70. Finalmente se ejecuta el archivo "ADQMT" de MS Excel.

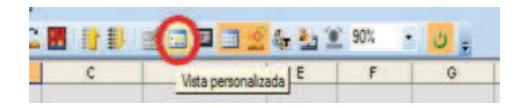


Figura 3.75 Ícono de vista personalizada.

# 3.3.8.2 Cambio de número secuencial

Para iniciar el proceso, se debe cambiar el número secuencial de la siguiente forma:

 En la interfaz se activa el botón "secuencial", indicado en la figura 3.76, donde se despliega una ventana en la cual se selecciona el botón "HABILITAR" y se ingresa el nuevo número secuencial, como se muestra en la figura 3.77.



Figura 3.76 Botón "secuencial".

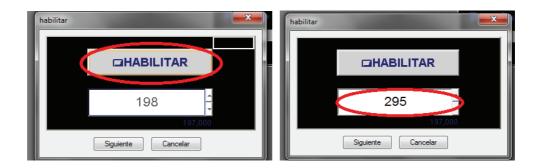


Figura 3.77 Nuevo número secuencial.

 Una vez editado el nuevo número secuencial, en la siguiente ventana se activa el botón "ESTABLECER NUMERO SECUENCIAL", desplegándose el mensaje "SECUENCIAL CAMBIADO", como se muestra en la figura 3.78, y se finaliza la operación.



Figura 3.78 Cambio de número secuencial efectuado.

# 3.3.8.3 Operación antes de cada proceso de medición de tallos - Ingreso de número de tallos y habilitación de banda

 Para iniciar con un nuevo proceso de medición, en la interfaz se activa el botón "INICIO" y el asistente que se encuentra configurado en modo secuencial despliega las ventanas paso a paso. El primer paso es resetear el contador de tallos, como se indica a continuación en la figura 3.79.



Figura 3.79 Reseteo de contador.

 El siguiente paso es digitar el número de tallos que se van a hacer circular en la banda transportadora, como se indica a continuación en la figura 3.80 y continuar con el siguiente paso.



Figura 3.80 Número de tallos a muestrear.

• El último paso para iniciar con una nueva medición es habilitar la banda transportadora, donde se activa el botón "HABILITAR BANDA" y se despliega el mensaje "BANDA HABILITADA", como se indica en la figura 3.81, se enciende luz amarilla de la baliza, indicando que se puede arrancar la banda, y se finaliza la operación.



Figura 3.81 Habilitación de banda transportadora.

El sistema está listo para operar.

- El operador asignado arranca la banda e ingresa los tallos.
- Cuando la medición de los tallos finalice, la banda transportadora se detiene y aparece un mensaje de alerta en la pantalla donde se visualizan los tallos, como es indicado en la figura 3.82.



Figura 3.82 Fin de medición de tallos de palmito.

# 3.4 PROGRAMACIÓN EN VBA DE MS EXCEL 2007

De acuerdo al alcance del proyecto INAEXPO requiere que se genere la tabla con los siguientes datos: número secuencial, número de tallo, medida del respectivo tallo, todo esto en un archivo plano con extensión .txt.

En base a este requerimiento y considerando que el enlace de datos entre el In-Sight OPC server y el MS Excel es simple y además que se pueden realizar macros utilizando la aplicación que tiene de visual basic VBA para poder generar archivos planos con los datos adquiridos en las celdas de la hoja de cálculo, se escogió que la adquisición de datos sea en MS EXCEL y con la realización de la macro en VBA generar el archivo plano.

## 3.4.1 ENLACE DE DATOS DE MS EXCEL CON IN-SIGHT OPC SERVER

Una vez configurado el In-Sight OPC Server y verificando que se está ejecutando, se procede a enlazar los datos con la hoja de cálculo del Ms Excel, para esto simplemente se selecciona el dato deseado del In-Sight OPC Server y se arrastra a una celda en la hoja de cálculo, como a continuación se muestra en la figura 3.83.

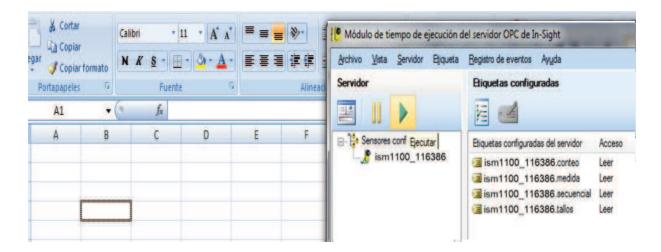


Figura 3.83 Enlace de datos OPC de In-Sight con Ms Excel.

Cuando se tiene el dato en la celda de la hoja de cálculo, se puede observar la función que permite que se establezca el enlace de los datos, como se presenta a continuación:



Figura 3.84 Función en Ms Excel que enlaza con OPC de In-Sight.

# 3.4.2 GENERACIÓN DE TABLA DE DATOS Y ARCHIVO PLANO

Los datos del In-Sight OPC Server son colocados en las respectivas celdas en la hoja de cálculo de MS Excel, como se indica en la figura 3.85, la programación en VBNET es para que los datos que se van generando en el proceso se sigan acumulando y de esta manera ir generando la tabla de datos requerida, y una vez finalizado el proceso de medición generar el archivo plano con dichos datos.

1	А	В	С	D	Е	F	G
1	Secuencial	#Tallos	Conteo	Medidas		44,68809	
2	4355	125	0	44,68809		0	
3			0				
4	Tabla:						
5	4355						
6							
7							

Figura 3.85 Celdas enlazadas con OPC de In-Sight.

La tabla se va generando a partir de las celdas A5, B5 y C5 como se muestra en la figura 3.86.

1	Α	В	С	D	E	F	G
1	Secuencial	#Tallos	Conteo	Medidas		29,63162	
2	4355	125	10	29,63162		10	
3			10				
4	Tabla:						
5	4355	1	43,84826				
6	4355	2	43,65948				
7	4355	3	43,26531				
8	4355	4	44,38508				
9	4355	5	43,5905				
10	4355	6	44,71713				
11	4355	7	35,18552				
12	4355	8	44,49836				
13	4355	9	43,82611				
14	4355	10	29,63162				

Figura 3.86 Tabla de datos en MS Excel.

Los datos en la hoja de cálculo se disponen de la siguiente manera:

TAG	ENLACE CON OPC	CELDA	COMENTARIOS
Secuencial	InSightOPC TagValues!ism	A2	Número que aumenta en uno
	1100_116386.secuencial		cada vez que el sistema sea
			operado.
Tallos	InSightOPC TagValues!ism	B2	Número de tallos que van a ser
	1100_116386.tallos		muestreados.
Conteo	InSightOPC TagValues!ism	C2	Conteo de tallos mayores a 5
	1100_116386.conteo		centímetros.
Medida	InSightOPC TagValues!ism	D2	Medida del tallo respectivo.
	1100_116386.medida		
		C3	Conteo interno, sirve para
			confirmar que el conteo de
			tallos sea acorde al número de
			medidas que ingresan a la
			tabla.
		F1	Condición utilizada en VBA
		F2	Condición utilizada en VBA

Tabla 3.1 Tabla de etiquetas distribuidas en las respectivas celdas de Ms Excel.

### 3.4.3 DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA VBA

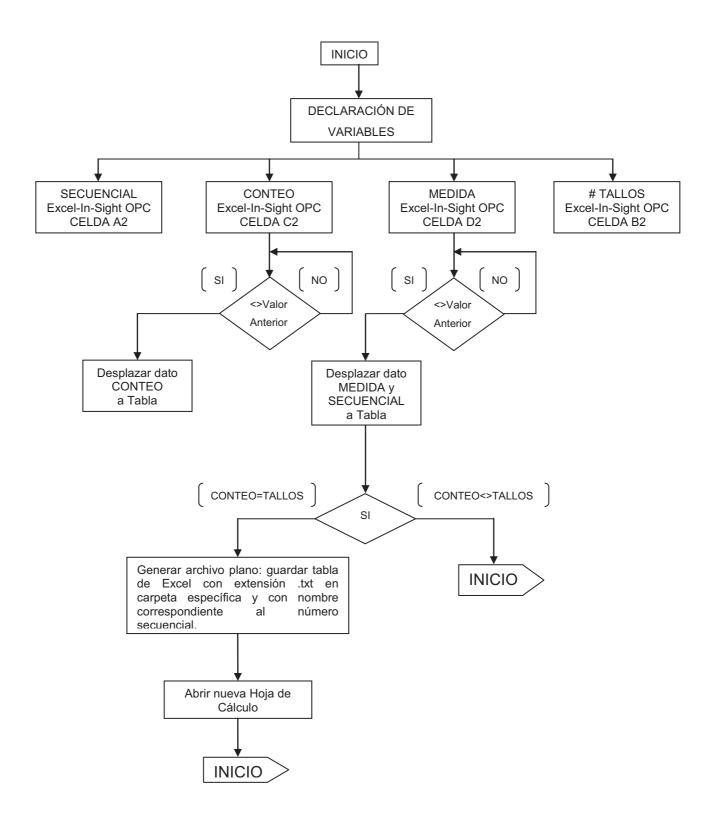


Figura 3.87 Diagrama de flujo programa en VBA.

# 3.5 PROGRAMACIÓN DE PLC

## 3.5.1 LÓGICA DE CONTROL

Para iniciar cada proceso de medición el operador 1 habilita la banda transportadora, posteriormente el operador 2 acciona la banda permitiendo así el ingreso de tallos, cuando finaliza la medición se requiere de otra señal entregada por la cámara para detener la banda transportadora e inhabilitar la puesta en marcha de la misma hasta que nuevamente sea habilitada por el operador 1 para iniciar con otra medición.

#### 3.5.2 DISEÑO DEL PROGRAMA DEL PLC

### 3.5.2.1 Descripción software GX Developer

Para la programación del PLC, Mitsubishi tiene su propio entorno de programación por esta razón se utiliza el software GX DEVELOPER acerca del cual se explicarán ciertos aspectos básicos necesarios para la programación del mismo.

Para crear nuevos proyectos, se debe escoger la serie, el tipo del PLC y el modo de programación, para el presente proyecto se establece la serie FXCPU, el tipo FX3G y la programación en LADDER.

Debido a que la programación se estableció que sea en LADDER, el manejo del programa no es complicado y para la aplicación requerida simplemente se deben manejar los contactos normalmente abiertos (NO) y cerrados (NC).

En la parte superior existen los contactos y bobinas que se pueden seleccionar para programar.



Figura 3.88 Barra de símbolos en Ladder.

Cuando seleccionamos lo deseado ingresamos en el cuadro de texto si es una bobina o contacto o un parámetro como por ejemplo un temporizador.



Figura 3.89 Contacto NO

Las entradas se especifican con la letra "X" y las salidas con la letra "Y"

#### Entrada:

Figura 3.90 Contacto Normalmente abierto X0.

#### Salida:



Figura 3.91 Bobina Y0.

## **Temporizador:**

Se utilizó además un temporizador para que después de la adquisición de imagen del último tallo, la banda siga encendida hasta sacar del interior del equipo el tallo restante, y que de esta manera la banda quede vacía.

Se selecciona una bobina y se ingresa en el cuadro de texto T (temporizador) 0 (número de temporizador) K# (tiempo de temporización)

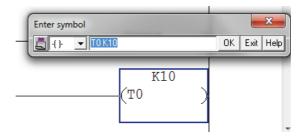


Figura 3.92 Temporizador T0.

# 3.5.2.2 Variables de control

SEÑALES ENTRADA	PLC	FUNCIÓN
Trigger (pulso positivo	Conectado	Se encarga de disparar a la
entregado por el sensor	directo a la	cámara para que tome una
inductivo)	cámara.	imagen.
Salida digital (0) cámara.	X1	Indica el fin de medición de los
		tallos, señal requerida para
		detener la banda y encender la
		luz roja de la torre de luces, y
		para que el operador no
		arranque de nuevo la banda.
Salida digital (1) cámara.	X2	Indica que la banda puede ser
		activada por el operador, se
		activará la luz amarilla de la
		torre de luces.
Pulsador	X0	Accionamiento de la banda
		transportadora.
Interruptor de emergencia	Х3	Desactivará la banda
		transportadora.

Tabla 3.2 Señales de Entrada PLC.

SEÑALES SALIDA	PLC	FUNCIÓN
Relé Luz roja	Y0	Indica que la medición ha
		finalizado.
Relé Luz amarilla	Y1	Indica que el operador puede
		activar la banda transportadora.
Relé Banda	Y2	Arranque y paro de banda
Transportadora		transportadora.

Tabla 3.3 Señales de Salida PLC.

# 3.5.2.3 Diagrama de flujo

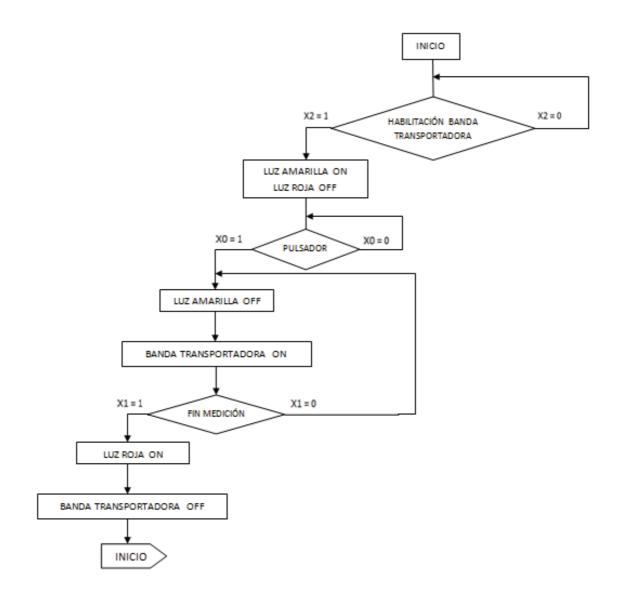


Figura 3.93 Diagrama de flujo operación del PLC.

# CAPÍTULO 4

## PRUEBAS Y RESULTADOS

# 4.1 PRUEBA DE COMUNICACIÓN CÁMARA-PC

El elemento principal del sistema de medición de tallos de palmito es la cámara con visión artificial, por lo tanto en primer lugar se debe verificar que exista la comunicación entre dicha cámara y el computador en el cual se debe tener instalado el software In-Sight, propio de la cámara, para poder ejecutar la aplicación de medición de tallos.

La cámara es conectada a la fuente POE (Power Over Ethernet), en la fuente existen dos terminales Ethernet RJ45 para la alimentación de la cámara y para la comunicación de la cámara al computador, para lo cual se emplea un cable de red. En la planta la distancia no es mayor de 20 metros por lo que no existe ningún problema en la comunicación.

Si la conexión de la fuente POE es incorrecta se enciende una luz roja indicando que la conexión es errada y debe corregirse. El cable que se conecta con la cámara debe estar en el terminal OUT de la fuente POE, mientras que el cable de red que se conecta a la PC en el terminal IN.

Cuando la cámara se encuentra correctamente conectada y además se encuentra conectada en red, se enciende el led indicador verde ubicado en la parte posterior de la cámara.

### 4.1.1 CONFIGURACIÓN DE RED

La conexión de la cámara al PC es vía Ethernet y se debe configurar la red para establecer la comunicación.

La cámara tiene asignada una IP que posteriormente se la puede cambiar de acuerdo a los requerimientos del sistema a implementar.

Primeramente se debe encontrar la dirección IP de la cámara, se lo puede hacer directamente desde el entorno de programación de la cámara In-Sight, donde se selecciona la opción de "Agregar sensor/dispositivo a la red" (figura 4.1) y de acuerdo a la dirección IP que se obtenga, que también se la puede cambiar, se configura la red en el computador.

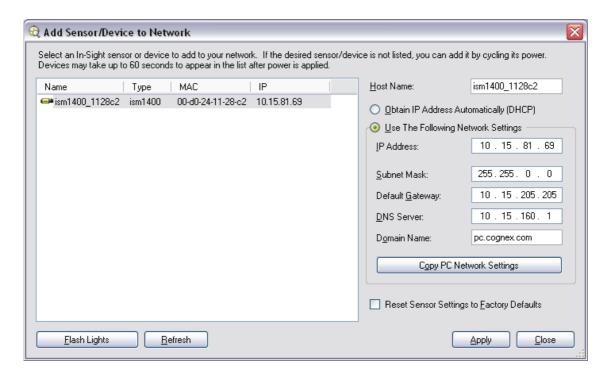


Figura 4.1 Agregar sensor/dispositivo a la red.

## 4.1.1.1 Configuración de red en la PC.

Una vez que se tiene la dirección IP estática de la cámara, se debe configurar la red en el computador para tener la comunicación con éste.

Para dicha configuración en el centro de redes y recursos compartidos del computador escogemos la red no identificada y en las propiedades de la red se configura el protocolo de internet versión 4 TCP/IPv4.

Se debe tomar en cuenta que la misma máscara que se coloca o que existe en la cámara debe ser colocada en el computador. Dependiendo de la máscara que se coloque en la cámara, los dígitos correspondientes de la dirección IP del computador deben coincidir con los de la cámara, es decir para una máscara de 255.255.255.0 los tres dígitos de la dirección IP deben ser iguales tanto de la cámara como del computador, el cuarto dígito puede ser cualquier número.

Una vez conectada la cámara y configurada la tarjeta de red del computador se visualiza su ícono en la ventana "Red In-Sight" como indica la figura 3.73 y para tener acceso a las tareas cargadas en la misma se hace doble clic sobre el ícono de la cámara.

#### 4.1.2 PRUEBA DE IMAGEN

La cámara está colocada perpendicularmente al plano de trabajo para que no exista ninguna distorsión en la imagen y se puedan obtener las medidas de una forma exacta.

La iluminación está colocada debajo de la cámara con el objetivo de que la luz incida directamente sobre la banda transportadora y tener una adecuada visualización de los tallos de palmito.

Una vez conectada la cámara con el computador se procede a calibrar la imagen, para esto se debe poner la cámara en vivo, es decir se tiene visualización del campo de trabajo en tiempo real.



Figura 4.2 Ícono para poner la cámara en vivo.

Para obtener la imagen adecuada se ajusta el lente de la cámara ya que es varifocal, es decir tiene la capacidad de apertura variable, y de ser necesario corregir la posición de la cámara.

Una vez que la imagen del campo de trabajo es la adecuada se pone la cámara en línea, es decir lista para trabajar y adquirir imágenes del proceso, como se indica a continuación en la figura 4.3.

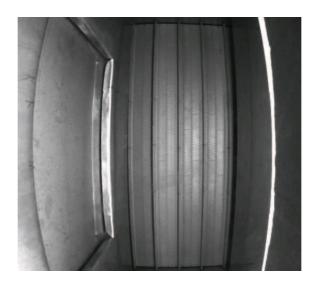


Figura 4.3 Imagen final en vivo del campo de trabajo.

## 4.2 PRUEBA DEL TABLERO DE CONTROL

Para realizar esta prueba se debe verificar primeramente la alimentación al tablero (120 VAC) y que las señales de entrada y salida estén correctamente conectadas y cumplan con su función.

Se debe verificar que la fuente de corriente continua entregue los 24 V a los distintos elementos de control como son el PLC, sensor inductivo y relés. Adicionalmente se verifica que la fuente POE de la cámara disponga de la alimentación de corriente alterna de 120 V.

#### 4.2.1 PRUEBA DE SENSOR INDUCTIVO

Este sensor es el encargado de dar la señal de trigger a la cámara para que adquiera una nueva imagen y debido al montaje del sensor (figura 2.9a) se debe verificar que cuando cada tornillo pase cerca del sensor, se obtengan los 24 voltios necesarios para disparar la cámara, es decir para que ésta adquiera la imagen del espacio correspondiente en la banda transportadora. Una vez que se obtienen los pulsos del sensor inductivo, la señal de salida de éste se conecta al

terminal correspondiente al trigger de la cámara para verificar la adquisición de imágenes por parte de ésta.

## 4.2.2 PRUEBA DE ARRANQUE/PARO DE BANDA TRANSPORTADORA

Para esta prueba, antes de que la cámara sea habilitada, se debe simular la señal de habilitación y paro de la banda, ya que en el funcionamiento normal estas señales provienen de la cámara; para la señal de paro de la banda y de habilitación de la misma se conecta directamente a 24VDC las entradas X1 y X2 del PLC respectivamente.

Una vez habilitada la banda (entrada X2 conectada a 24VDC), simplemente se la arranca presionando el pulsador del tablero, verificado que se activa, se la detiene con la señal de paro (entrada X1 conectada a 24VDC), adicionalmente se prueba el pulsador de emergencia que una vez activado detiene únicamente la banda transportadora, es decir no desconecta el sistema.

# 4.2.3 PRUEBA DE SALIDAS DIGITALES DE CÁMARA

Para realizar esta prueba la cámara debe estar conectada al sistema, verificado el funcionamiento de la banda transportadora y el cable de salida común (cable GRIS) del cable I/O de la cámara debe estar conectado a 24VDC para que las salidas digitales sean de flanco de subida, es decir cambien de estado de 0 a 24v.

#### 4.2.3.1 SALIDA 0 - PARO DE BANDA TRANSPORTADORA

Primeramente se debe verificar que el cable que corresponde a la salida 0 (cable MARRON) se encuentre conectado a la entrada X1 del PLC.

Para probar el funcionamiento de esta salida se debe poner en marcha el sistema, es decir ingresar una cierta cantidad de tallos a medir en la interfaz, arrancar la banda, ingresar la cantidad de tallos programados y verificar que la banda se detenga una vez realizadas las mediciones de cada uno de los tallos.

Adicionalmente se puede verificar visualmente ya que al detenerse la banda, en la torre de luces se enciende la luz de color rojo.

## 4.2.3.2 SALIDA 1 – HABILITACIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA

Primeramente se debe verificar que el cable que corresponde a la salida 1 (cable BLANCO) se encuentre conectado a la entrada X2 del PLC.

Para probar el funcionamiento de esta salida únicamente basta con seguir los pasos para ingresar el número de tallos en la interfaz y finalmente al encontrarse con la ventana de habilitación de la banda transportadora se debe pulsar el botón "HABILITAR BANDA", como se indica en la figura 3.81, y se verifica visualmente que al habilitarse la banda se enciende la luz de color amarillo de la torre de luces y se puede presionar el pulsador del tablero de control para arrancar la banda. Si se vuelve a presionar el botón "HABILITAR BANDA" de la interfaz la luz se apaga y no se puede arrancar la banda con el pulsador del tablero de control.

# 4.3 AJUSTES PARA MEDICIÓN DE LA CÁMARA

## 4.3.1 DETECCIÓN DE BORDES

Para que los tallos de palmito sean medidos y contabilizados deben ser detectados los extremos del tallo, para esto el contraste entre la banda y el extremo del tallo debe ser notorio. En las pruebas que se realizaron ciertos tallos no eran contabilizados ni medidos debido a que uno de los extremos o ambos no eran detectados por la cámara.

Cuando uno de los bordes no es detectado, éste no se dibuja en la imagen que se adquiere del tallo que se desea medir y en la hoja de cálculo del programa In-Sight donde se realiza la calibración de los parámetros indica que existe un error al no encontrar el borde deseado, impidiendo así la medición y el conteo del mismo como indica la figura 4.4a en la que no se detecta el borde inferior y en la figura 4.4b en la que no se detecta el borde superior.

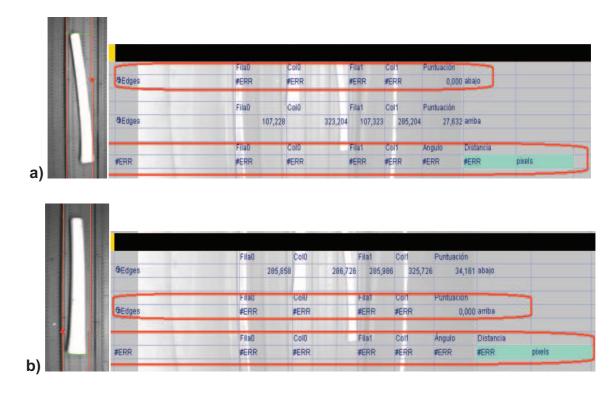


Figura 4.4 a) Borde inferior no encontrado, b) Borde superior no encontrado

Para corregir este defecto se hace doble clic en la estructura EDGES donde se despliega la hoja de propiedades de la herramienta FINDLINE (figura 3.21) y el parámetro ACEPTAR UMBRAL es el que se debe ajustar, en este caso se debe colocar un número menor al que se encuentra actualmente, debido que para detectar ese borde se necesita que la cámara sea más sensible al cambio en la escala de grises que se tiene de la banda hacia el tallo, es decir que la puntuación que se obtenga del cambio de la escala de grises debe ser mayor al límite que se coloca en ACEPTAR UMBRAL y solo así se puede detectar el borde deseado.

Una vez que se logran establecer los umbrales adecuados para encontrar ambos bordes se puede visualizar en la imagen y en la hoja de cálculo la detección de los extremos del tallo y por lo tanto su medición y conteo como lo indica la figura 4.5.

Para cambiar los umbrales, es necesario encontrarse fuera de línea ya que de este modo se puede tener acceso a la hoja de propiedades de la herramienta FINDLINE, es decir es suficiente trabajar con la imagen de un tallo para realizar este ajuste, posteriormente se guardan los cambios en la tarea para no realizar esta operación nuevamente.

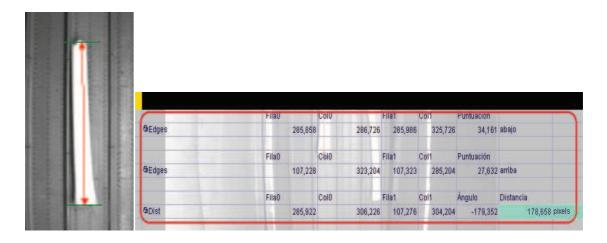


Figura 4.5 Bordes detectados.

## 4.3.2 LÍMITES

Uno de los inconvenientes que se presentó en las pruebas fue cuando en la banda transportadora quedaban restos de tallos de palmito y el sistema los media y los contaba como un tallo más, afectando al agricultor ya que se obtenían medidas de entre 2 a 4 centímetros disminuyendo el precio promedio que se les debe pagar por tallo.

Para evitar este inconveniente se estableció que si se obtienen medidas menores a 5 centímetros el sistema no debe tomar en cuenta dicho trozo de tallo, es decir no se envía ningún dato a la tabla generada para no perjudicar al agricultor y que se midan los tallos designados únicamente.

# 4.4 PRUEBA DE GENERACIÓN DE DATOS Y ARCHIVOS PLANOS

## 4.4.1 VERIFICACIÓN IN-SIGHT OPC SERVER

Para verificar que los datos generados en el entorno In-Sight van a ser enviados a la hoja de MS Excel, hay que fijarse que el servidor OPC se esté ejecutando en el Sys Tray o barra de íconos, como se indica en la figura 3.56, y además revisar que la calidad de comunicación para cada etiqueta sea buena como se indica en la figura 3.55.

# 4.4.2 VERIFICACIÓN DE GENERACIÓN DE DATOS EN MS EXCEL Y ARCHIVO PLANO

Una vez que se verifica que no existe ningún inconveniente con el servidor OPC, en la hoja de MS Excel deben estar los mismos datos que existen en el OPC y mientras los tallos circulan en la banda transportadora se puede visualizar cómo se va generando la tabla con las medidas de cada tallo y bajo los requerimientos de la planta, en la que se especifica el número secuencial, el número del tallo y su respectiva medida como se indica en la figura 4.6.

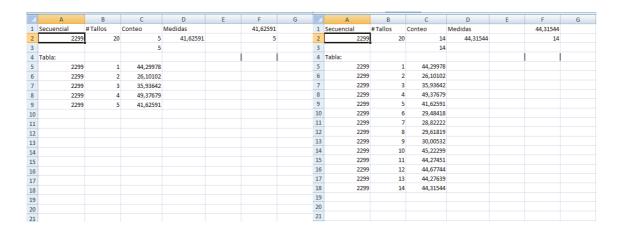


Figura 4.6 Generación de tabla de datos en MS Excel.

Cuando la cantidad de tallos programados han sido medidos, la hoja de cálculo de Excel se vacía automáticamente para crear otra tabla de datos y se verifica que el archivo plano haya sido generado y guardado en la ubicación correspondiente con el número secuencial respectivo, como se indica en la figura 4.7, donde el archivo plano se debe guardar en la ubicación C:\Aries\BaaN\exportados\.

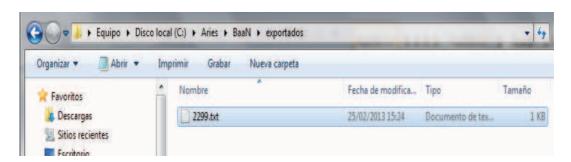
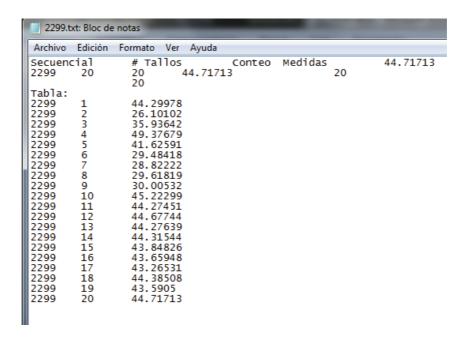


Figura 4.7 Archivo plano generado.

Como última instancia para determinar que el sistema funciona correctamente se debe verificar que en el archivo plano consten absolutamente todos los datos, es decir el número secuencial en la columna izquierda, el número del tallo en la columna central y su medida respectiva en la columna derecha, ya que dichos datos son utilizados para el pago a los proveedores.

Como se indica en la figura 4.8 el archivo plano corresponde a una prueba que se realizó con 20 tallos, donde se puede verificar que constan todos los tallos con su respectiva medida y secuencial, además se puede ver que el archivo por nombre tiene el número secuencial correspondiente (2299), tal como requería la planta INAEXPO, para posteriormente con los datos del archivo realizar la facturación respectiva a los agricultores.



**Figura 4.8** Datos en archivo plano generado.

#### 4.5 RESULTADOS

 Para arrancar el sistema de medición de tallos de palmito se enciende el tablero de control, encendiéndose la iluminación sobre la banda. Cuando se enciende el computador el programa In-Sight arranca automáticamente una vez iniciado Windows y se despliega en la pantalla derecha ya que como fue mencionado el computador consta de dos monitores, en el de la derecha se tiene la visualización de los tallos que circulan por la banda y están siendo medidos, mientras que en la pantalla de la izquierda se hacen el resto de operaciones para facturar al proveedor.

- El operador del computador no tiene que conectarse con la cámara y desplegar la interfaz si la secuencia de encendido fue realizada correctamente, es decir si el tablero fue encendido en primer lugar. Ya que si el computador se enciende primero el operador se tiene que conectar a la cámara manualmente en In-Sight Explorer para ejecutar la tarea.
- El cambio del número secuencial correspondiente para iniciar con el proceso de medición de los tallos se realiza únicamente en el encendido del sistema ya que cuando éste se apaga queda grabado el número secuencial que estaba cuando se hicieron cambios en la programación de la cámara.
- Uno de los inconvenientes que se presentó fue que circulaba una cantidad menor de tallos a la programada en la interfaz y sin embargo la banda se detenía y se generaba el archivo plano quedando tallos sobrantes por medir; esto se debía a que ocurría una falla en la adquisición de las imágenes ya que se visualizaba que la imagen sufría de ciertos saltos lo que ocasionaba que cuando circulaba un tallo, únicamente el dato de conteo se incrementaba dos veces, por tal motivo se alcanzaba rápidamente el número de tallos máximo que se programaba en la interfaz. Para esto cabe recalcar que en primera instancia el pulso generado por el sensor inductivo activaba una entrada del PLC, activando una salida tipo relé que se conectaba con la señal de trigger de la cámara, el problema de la adquisición de la imagen se corrigió conectando directamente la salida del sensor inductivo a la señal de trigger de la cámara, se pudo comprobar que los saltos que se producían en las imágenes desaparecieron logrando de esta manera que se midan todos los tallos sin quedar sobrantes.

- En un principio el sistema medía tallos de palmito muy pequeños que muchas veces eran basura o desperdicios de palmito, para lo cual se realizó la limitación en el programa de la cámara para que tallos con medidas inferiores a 5 centímetros no formen parte de la tabla de datos generada.
- El apagado del sistema es simple, únicamente se apaga el tablero de control y el computador, no se requiere que el apagado sea de un modo secuencial.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **5.1 CONCLUSIONES**

- En la industria actual los sistemas de visión artificial son muy importantes debido a que éstos no intervienen en el proceso de producción, es decir no alteran ni la forma ni la esencia del producto, y contribuyen a mejorar el rendimiento del mismo ya que corrigen errores, lo hacen más exacto y las pérdidas disminuyen.
- Con el presente proyecto se logró que la empresa INAEXPO pague a sus proveedores de materia prima por el tamaño promedio de tallos suaves ya que precisamente éstos son los más aprovechados en la línea principal de producción de la planta.
- Con el nuevo método de calificación de tallos que implementó INAEXPO mediante el sistema de medición de tallos de palmito con visión artificial es mucho más conveniente debido a que se realiza la medición rápidamente y con una muestra de tallos mucho mayor a la que se utiliza cuando se lo hace manualmente.
- La generación de los datos de las medidas es mucho más rápida y eficiente ya que si hace del modo manual, el ingreso de los datos de las medidas es digitando cada una de ellas.
- La utilización de cámaras con visión artificial industriales es más conveniente debido a que tienen su propio software y todas sus herramientas han sido desarrolladas para este tipo de aplicaciones, es

decir no es un agregado o un módulo de un software más grande, así como también dichas cámaras físicamente son diseñadas y construidas para manejarse en ambientes industriales.

- El objetivo principal del proyecto fue alcanzado ya que el sistema mide el largo de los tallos de palmito programados, genera la tabla con estos datos en Ms Excel y posteriormente genera el archivo plano que se guarda en una dirección específica una vez finalizada la medición, al mismo tiempo cumpliendo con los requerimientos de la planta para la facturación de los agricultores.
- Es importante disponer en la programación de la cámara de la opción para realizar el ajuste de las medidas ya que la validez del sistema es constantemente sometida a prueba por parte de la planta con el objetivo de certificar que las medidas que se obtengan del sistema de medición implementado sean bastante aproximadas a las medidas de tallos realizadas manualmente, todo esto para asegurar que el proceso es transparente y no perjudica a los agricultores en el pago.
- En los sistemas con visión artificial se debe considerar la iluminación, el tipo, ubicación, así como el tipo de lente que va ser utilizado y el lugar de la cámara para obtener los resultados adecuados y la calibración sea fácil de realizar.
- El tipo de banda transportadora utilizado es el de perfiles transversales únicos, ésta es la óptima ya que obliga al operador a ingresar un tallo en cada espacio para que la cámara adquiera la imagen y realice la medición de un tallo a la vez.
- Para la calibración con grilla de la cámara para distancias grandes de trabajo se deben utilizar grillas de distancias igualmente grandes e impresas en hojas de mayor tamaño al convencional A4, como en este caso hubo que utilizar hoja de tamaño A3, para que la cámara pueda

detectar los puntos y el número necesario de los mismos para realizar una calibración adecuada.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

- Antes de poner en marcha al sistema se debe verificar que la cámara esté conectada a la red del computador, que el servidor OPC se esté ejecutando y que el archivo de Ms Excel esté listo para recibir los datos y generar la tabla de datos.
- Se recomienda que para el encendido del sistema, primero se energice el tablero de control y posteriormente el computador ya que al encontrarse encendida la cámara en primer lugar, el programa In-Sight se conecta automáticamente con la cámara y ejecuta la tarea asignada para la medición de los tallos de palmito. Caso contrario si en primer lugar se enciende el computador, el operador se tiene que conectar a la cámara manualmente mediante el programa In-Sight.
- Se recomienda realizar validaciones periódicas al sistema, es decir dichas validaciones consisten en verificar que las medidas que se obtengan de los tallos sean muy aproximadas a las que se miden manualmente, para esto se cortan tallos de una misma medida y se comprueba que dicha medida se obtenga en el sistema de medición de tallos de palmito con visión artificial.
- Para asegurar que la adquisición de imágenes en la cámara se produzca sin errores, las pruebas se las deben hacer en línea y de acuerdo a los resultados decidir si se debe aislar o no la señal del sensor utilizado.
- Debido a la importancia del sistema de medición para la planta se recomienda que sean instalados UPS's para el computador y para el tablero de control con el fin de que el operador complete las operaciones

en el computador y no exista pérdida de datos en el proceso. La potencia del tablero es baja y cabe recalcar que su alimentación es de 110v/60Hz y la alimentación del motor es aparte y en el tablero se tiene acceso únicamente a la señal de control, la instalación del UPS para el tablero es básicamente para la cámara para evitar que ésta se reinicie ante una eventualidad en la energía de la planta.

 Se recomienda que los operadores estudien el manual de usuario, adjunto en el ANEXO C, para que conozcan el modo de operación del sistema y las acciones que se deben realizar para su normal funcionamiento, así como también las acciones para realizar correctivos en el caso de presentarse errores en el sistema.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVEAR, Johana. "Plan de Implementación de un sistema de trazabilidad para productos obtenidos a partir de palmito en una empresa agroindustrial y comercializados en el mercado nacional". Quito 2010.
- 2. AREQUIPA, Jorge. "Diseño de una máquina para cortar hasta 3500 tallos/hora de palmito". Quito 2011.
- 3. CHAVES, Marco. "Consejos prácticos de utilidad sobre fertilización para los productores de caña de azúcar". Costa Rica 1986.
- 4. COGNEX, In-Sight Vision Systems, Manual de productos. Edición 2010.
- 5. COGNEX, Serie In-Sight Micro Sistema de visón, Manual de instalación. Edición 2011.
- ROMERO, Renato. "Propuesta para el mejoramiento de la línea de producción de conservas de corazones de Palmito en una empresa agroindustrial". Quito 2011.

#### **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS**

- 7. http://www.cognex.com
- 8. http://www.inaexpo.com/webinaexpo/
- 9. http://www.lcautomation.com/
- 10. http://www.mitsubishi-automation.es/products/compactplc FX3G.html
- 11. https://eb.automation.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/1007375
- 12. http://www.farnell.com/datasheets/1686092.pdf

# **ANEXOS**

- A. PLANO P&ID Y VISTA GENERAL DEL SISTEMA.
- B. PLANOS DE CONEXIONES DE TABLERO DE CONTROL.
- C. MANUAL DE USUARIO.

# **ANEXO A**

PLANO P&ID Y VISTA GENERAL DEL SISTEMA

# **ANEXO B**

PLANOS DE CONEXIONES DE TABLERO DE CONTROL

# **ANEXO C**

MANUAL DE USUARIO