

# DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

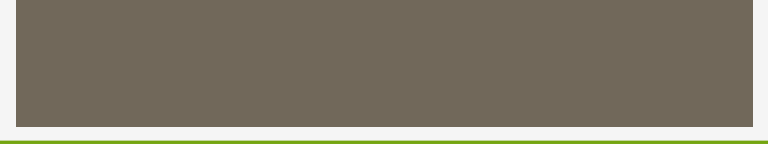
**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**AUTORES: ARROBA VILLACÍS PATRICIO JAVIER  
LÓPEZ CEVALLOS JUAN CARLOS**

**DIRECTOR: ING. GALARZA EDDIE.  
CODIRECTOR: ING. MANJARRÉZ FÉLIX.**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# **TEMA: REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TINTURADO DE TELA POLIALGODÓN CON HMI Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA M&B TEXTILES**

## OBJETIVO GENERAL:

Diseñar e implementar el sistema de tinturado de tela polialgodón con HMI y visión artificial para la empresa M&B textiles

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar los requerimientos de entradas y salidas que necesita el jet para su automatización.
- Diseñar el sistema mecánico de la banda transportadora.
- Diseñar el sistema, neumático y de control.
- Controlar mediante PLC el proceso de tintura
- Configurar el PLC y el sistema visión en el sistema operativo UBUNTU
- Implementar un sistema de visión artificial para el control de calidad de color en la tela.
- Implementar el sistema de control y monitoreo HMI mediante un monitor.

# Contenido

- Capitulo I: Marco Teórico.
- Capitulo II: Diseño y Selección de Dispositivos.
- Capitulo III: Construcción e Implementación.
- Capitulo IV: Pruebas y Resultados.
- Capitulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

# CAPITULO I. MARCO TEÓRICO.

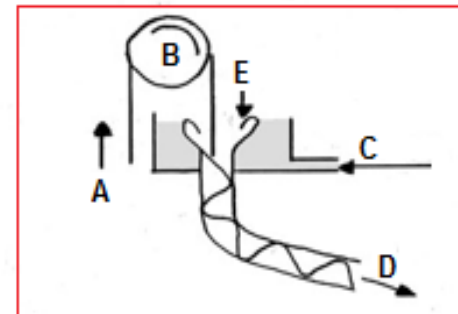
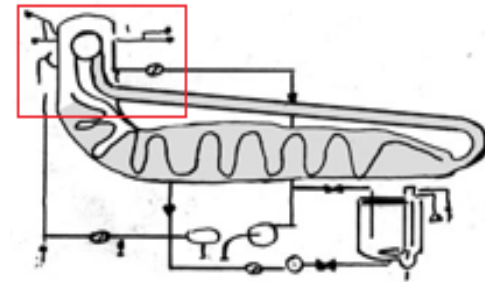
- TINTURA EN JET
- SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PASCALSCADA
- SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL

# TINTURA EN JET.

La tintura en el jet se basa en el movimiento de la tela dentro de una corriente de baño de tintura.



- A-Cuerdas de tela.
- B-Torniquete o devanadora.
- C-Tobera tipo jet.
- D-Equi-corriente fibra y solución en el tubo de transporte.
- E-Cubeta.



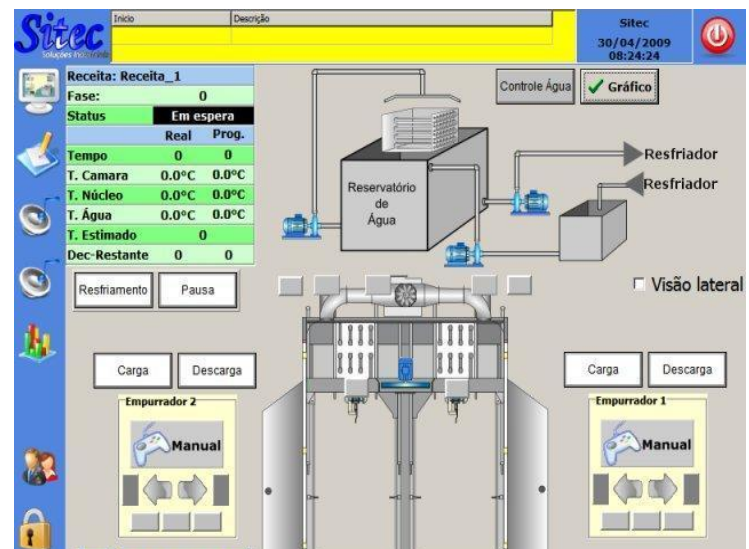
# SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PASCALSCADA

PascalSCADA es un marco para Delphi / Lázaro para el desarrollo de aplicaciones HMI / SCADA.

Las plataformas soportadas por Pascal SCADA son las siguientes:

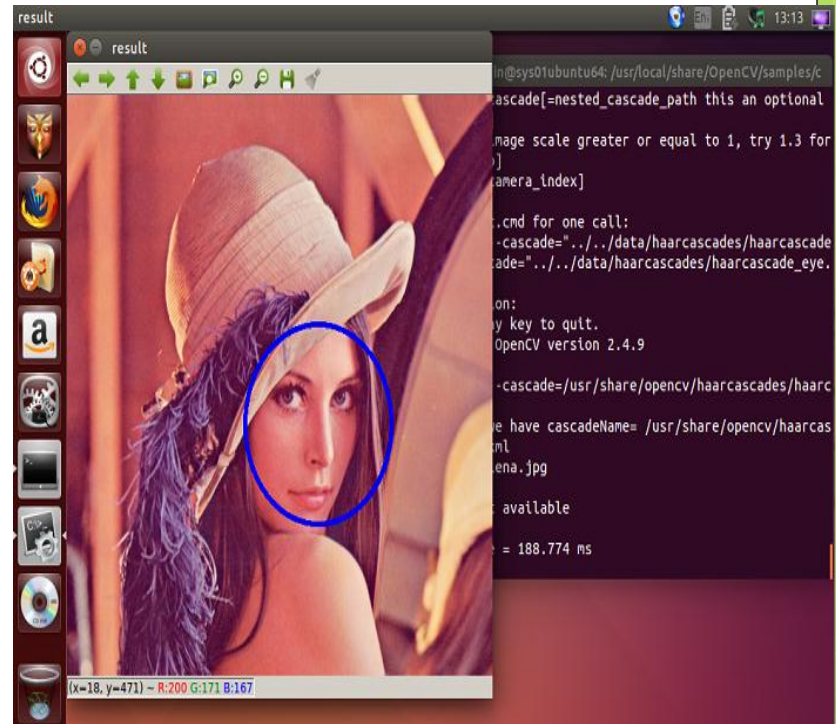
Sistema Operativo Windows, 32 bits y 64 bits.

Sistema Operativo Linux, 32 bits y 64 bits.



# SOFTWARE DE VISIÓN ARTIFICIAL

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una librería de visión por ordenador de código abierto. Esta proporciona una infraestructura para la elaboración de aplicaciones de visión por ordenador.





# CAPITULO II. DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS.

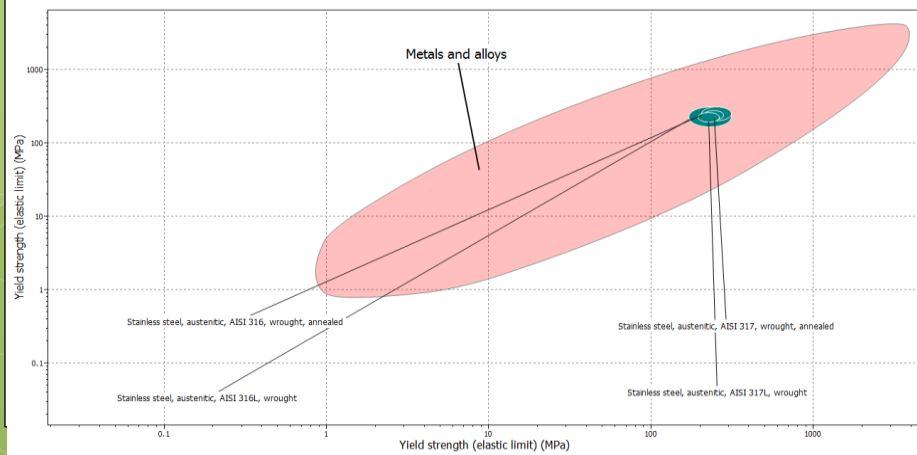
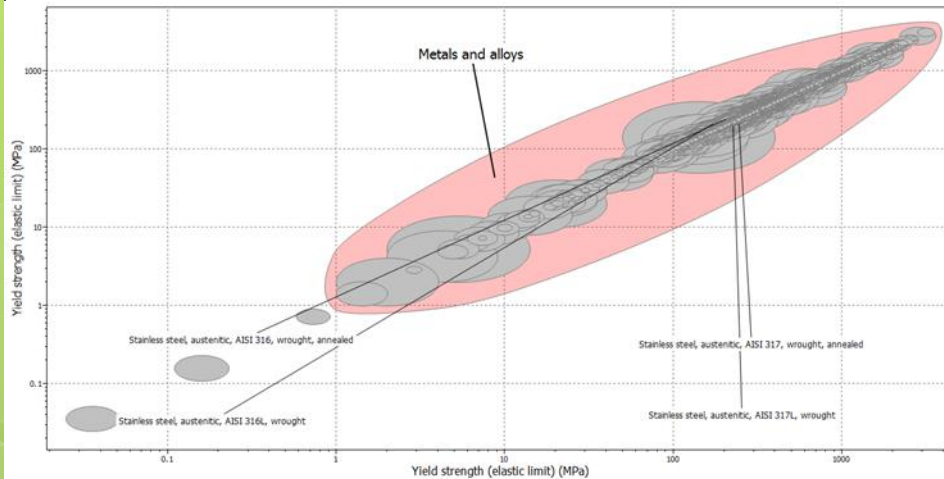
- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.
- SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS.
- SELECCIÓN DE SOFTWARE

# DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

Los Materiales Obtenidos por el software CES son los siguientes:

Acero Inoxidable AISI 316  
Acero Inoxidable AISI 316L  
Acero Inoxidable AISI 317  
Acero Inoxidable AISI 317L

De estos se seleccionó el acero Inoxidable AISI 316L ya que la empresa lo posee.



# DISEÑO EJE TORNIQUETE.

Diagrama Esfuerzo Cortante.

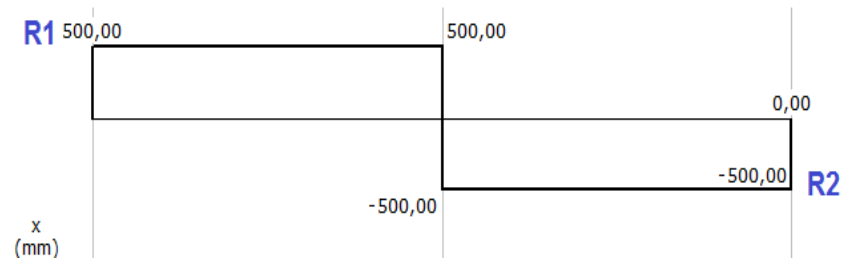
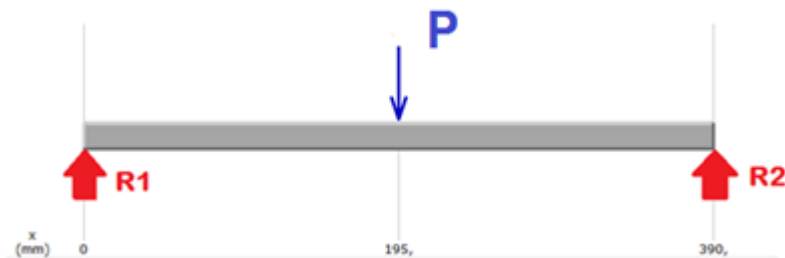
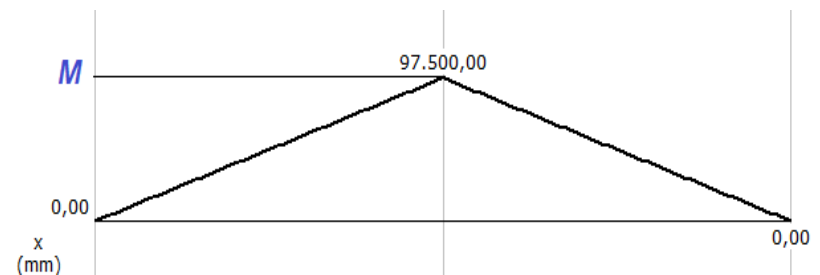


Diagrama de Momento Flector



# SELECCIÓN DEL TIPO DE CADENA

- Número de dientes rueda de Entrada  $z_1 = 28$
- Número de dientes rueda de Salida  $z_2 = 14$
- Potencia de diseño  $P_d = 0,32$  kW.
- Cadena simple.
- Velocidad de giro de la rueda de entrada: 51 r.p.m.
- Selecciona una cadena Tipo 16B con un paso  $p=25,4$ mm.

# SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS.

PLC S7-1200 CPU 1214C.



Signal board 1232 AQ Pt100 con termo pozo.



Relé de nivel 3UG05



Transductor de resistencia a corriente.



Transductor I/P Watson Smith Type 100/101X



# SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS.

Cámara IP Hikvision 720TVL IR.



Variador de frecuencia



# SELECCIÓN DE SOFTWARES



# CAPITULO III. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.
- SISTEMA NEUMÁTICO
- SISTEMA NEUMÁTICO JET
- MANDO PRINCIPAL DE CONTROL
- PROGRAMACIÓN PLC SIEMENS CPU 1214C
- DESARROLLO DEL HMI-PROCESO
- PROGRAMACIÓN DEL HMI DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.
- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

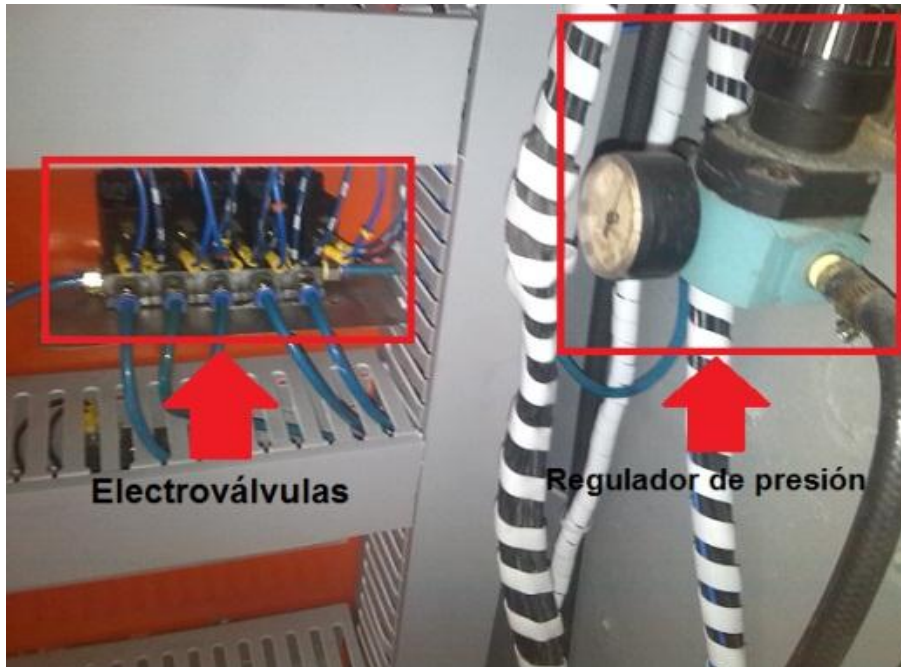


# CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.



Se procede a instalar en el doble fondo todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del tablero de control eléctrico como se muestra en la imagen.

# SISTEMA NEUMÁTICO



En la implementación de sistema neumático se procedió a conectar el compresor al regulador de presión y el mismo a las electroválvulas que son las encargadas de controlar las válvulas neumáticas del Jet como se muestra en imagen.

# SISTEMA NEUMÁTICO JET

Las electroválvulas van conectadas a las válvulas neumáticas del Jet y estas son:

- Válvula de desfogue de agua del Jet
- Válvula de Entrada de agua al Jet.
- Válvula de descarga de presión interna.
- Válvula de desfogue de condensado.
- Válvula de descarga de agua fría.
- Válvula de entrada de agua fría al intercambiador.
- Válvula de entrada de vapor.
- Válvula de olla de químicos.



# MANDO PRINCIPAL DE CONTROL



En el diseño del mando principal se tomó en cuenta los requerimientos de la empresa para apagar con un solo selector la máquina, tener el HMI incluido, paro de emergencia, por lo tanto se distribuyó de la siguiente manera.

1. HMI
2. Encendido PC
3. Pulsador apagar equipo
4. Paro de emergencia.

# MANDO A PIE DE MÁQUINA



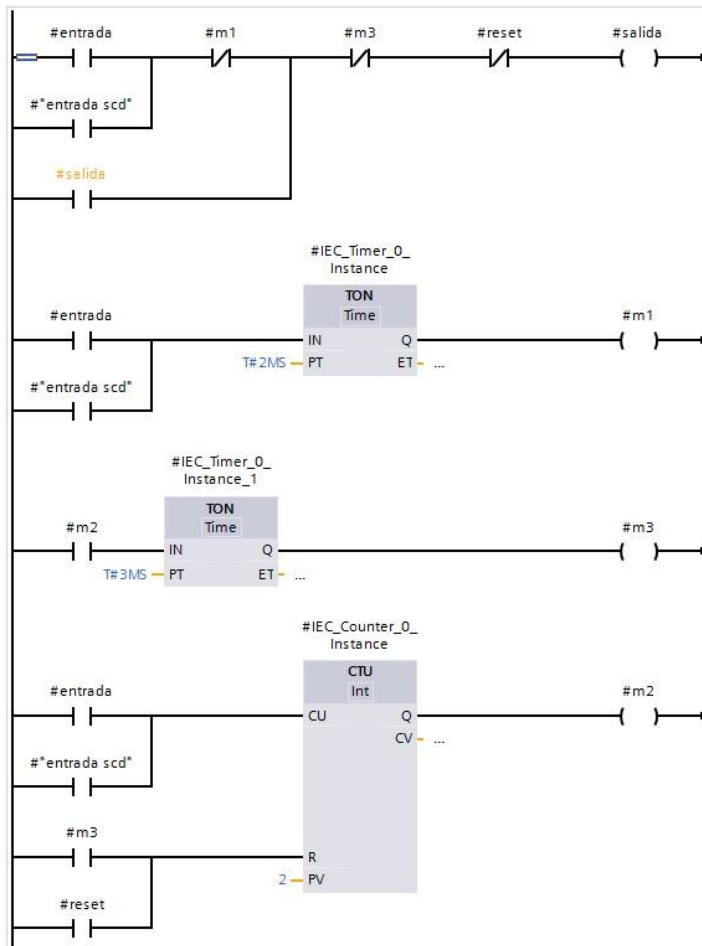
A continuación se muestran los botones de activación de válvulas, encendido de la bomba principal con las luces piloto que permiten verificar el estado de encendido o apagado.

1. Encendido bomba de circulación
2. Paro de emergencia
3. Torniquete interior Derecha/Izquierda
4. Torniquete exterior
5. Potenciómetro velocidad torniquete interior.
6. Válvula entrada de agua.
7. Válvula calentamiento.
8. Válvula olla de químicos.
9. Válvula descarga de agua.
10. Válvula enfriamiento.
11. Válvula descarga de presión



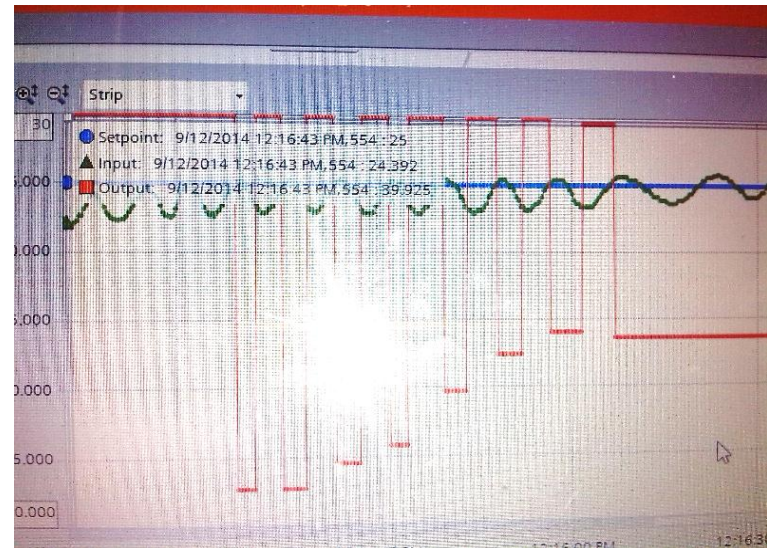
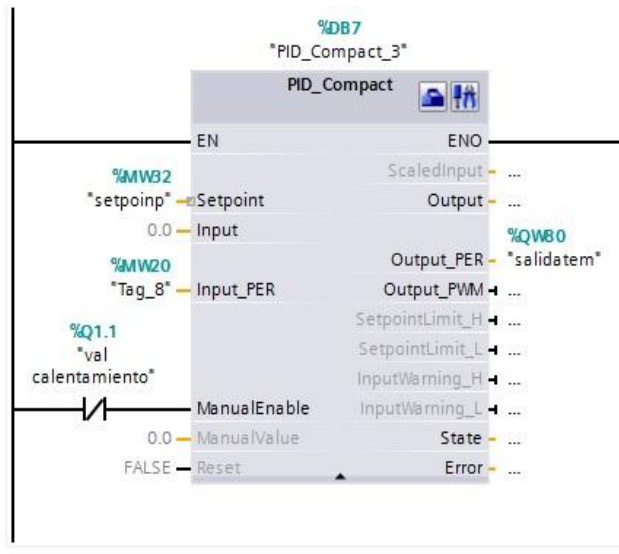
**PROGRAMACIÓ  
N PLC SIEMENS  
CPU 1214C**

# PROGRAMACIÓN MULTI-INSTANCIA PARA BOTONERAS DE VÁLVULAS



La multi-instancia es una opción que brinda la familia s7 1200 al poder generar un único bloque para el control de múltiples casos con la misma programación, el caso más conocido es el típico control de motores con la utilización de dos entradas una salida y dos líneas de programa para el memorizado de la salida.

# PROGRAMACIÓN PID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA



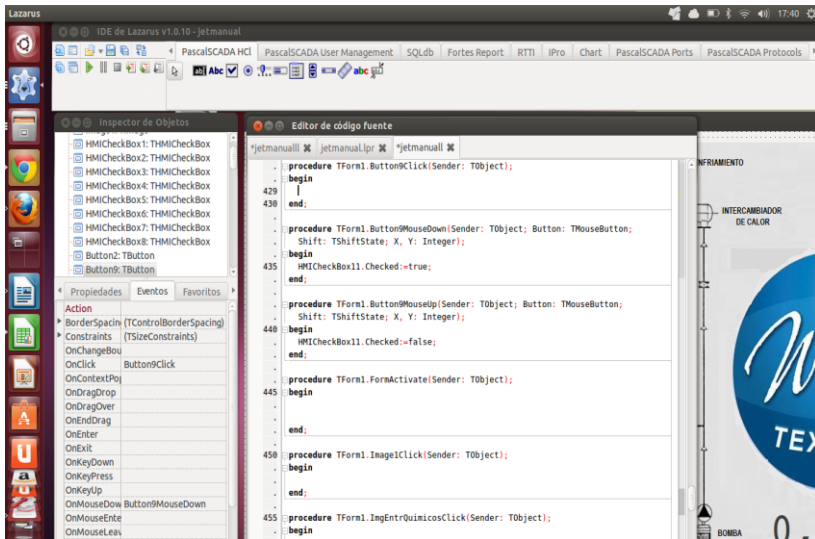
El control de temperatura tiene que ser muy preciso, caso contrario repercutiría en la calidad del producto final, para un control exacto se utilizó un controlador PID

Los parámetros del controlador se obtuvieron utilizando el auto tuning proporcionado por el controlador que se presenta en la figura se muestra como controla la variable de temperatura.

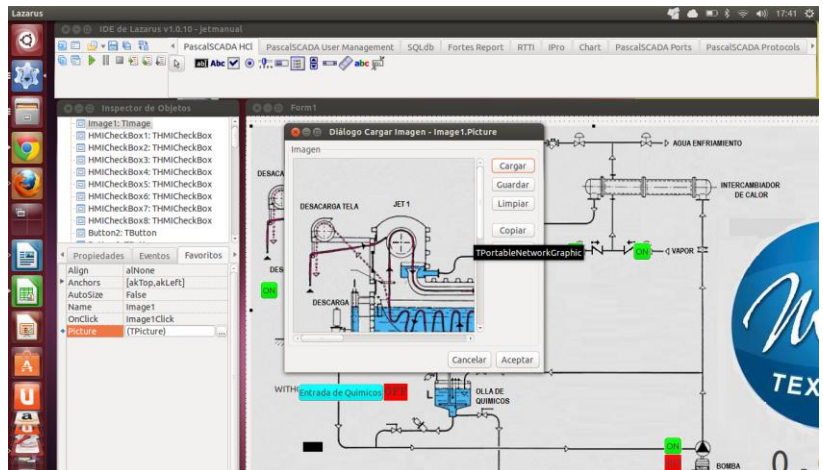
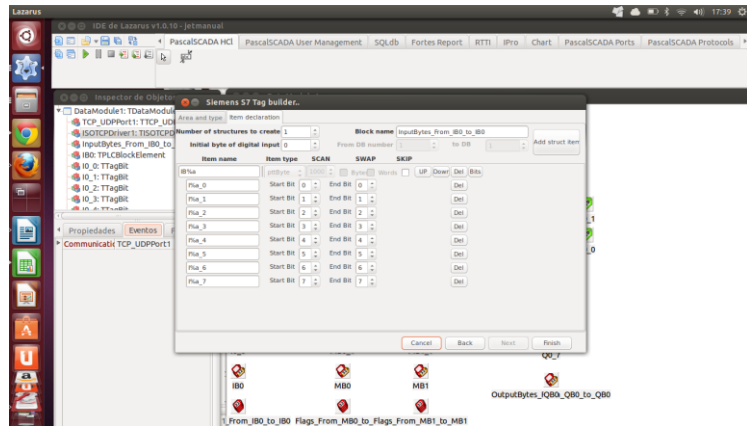


# DESARROLLO DEL HMI-PROCESO

## LAZARUS



## PASCAL-SCADA



# HMI-PROCESO

Form1

DESCARGA TELA

JET 1

INGRESO DE AGUA

CONDENSADO

AGUA ENFRIAMIENTO

INTERCAMBIADOR DE CALOR

AGUA

VAPOR

Mantenimiento(min)

0

DESCARGA

OLLA DE QUIMICOS

C. NIVEL

NIVEL DE AGUA OK

Automatgico

BOMBA PRINCIPAL

M&B TEXTILES

Mantener en

- 40° (Ingreso Auxiliares)
- 80° (Rainofix Algodon)
- 90° (Col. Directos Algodon)
- 115° (Polialgodon 1 proseso)
- 120° (Blanco)
- 130° (Poliester Disperso)

40.0

SP 40.00

PV 18.24

Camara

Colores Tela

# HMI-FORMULAS

Form1

INGRESO DE AGUA    CONDENSADO    AGUA ENFRIAMIENTO

Colores Formulas

INGRESE LA CANTIDAD EN KG

0

7 8 9 C

4 5 6 .

1 2 3 0

SELECCIONE EL COLOR

Rojo    Amarillo Intenso

Rosado Intenso    Turquesa Intenso

Salmón    Negro

Celeste Intenso    Blanco

Verde Intenso    Azul Marino

Jet     Barca


PASOS DEL PROCESO DE TINTURA

POLIESTER	
Color	Cantidad

ALGODON	
Color	Cantidad

AUXILIARES	
Producto	Cantidad

AUXILIARES	
Producto	Cantidad

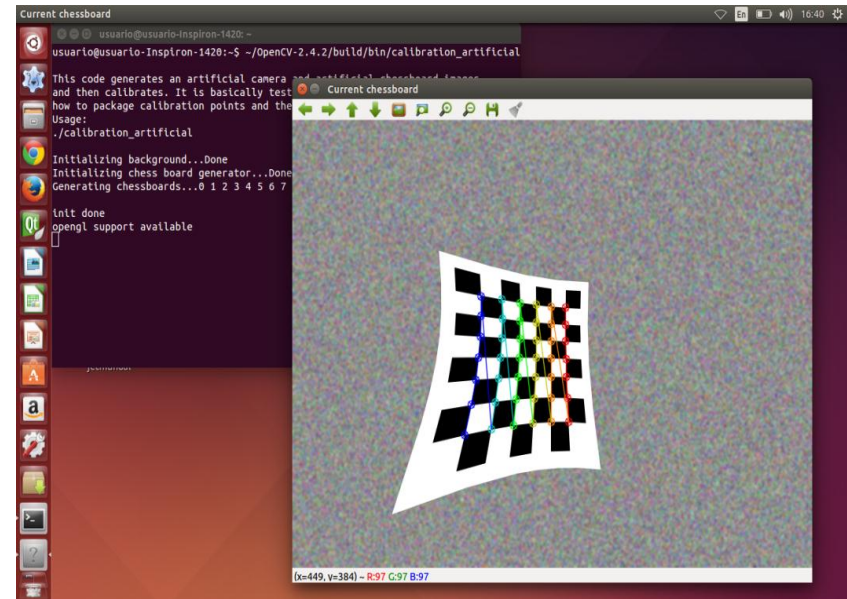
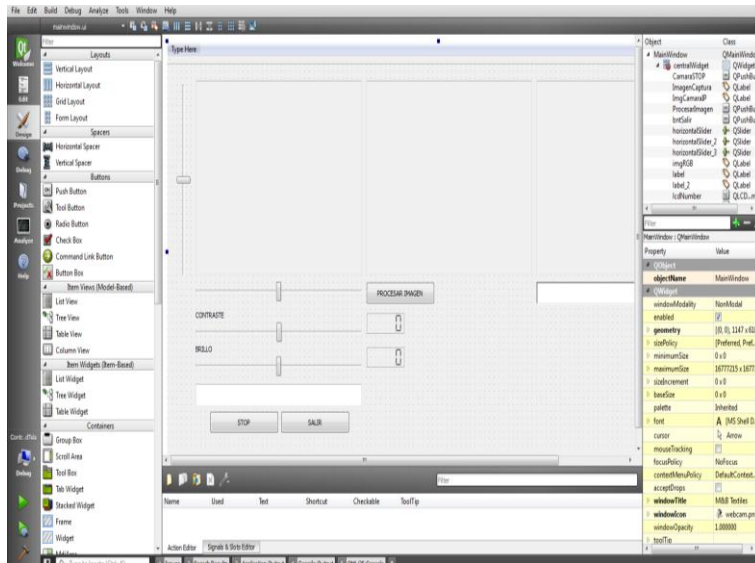


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PROGRAMACIÓN DEL HMI DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.

QT-CREATOR

OPENCV



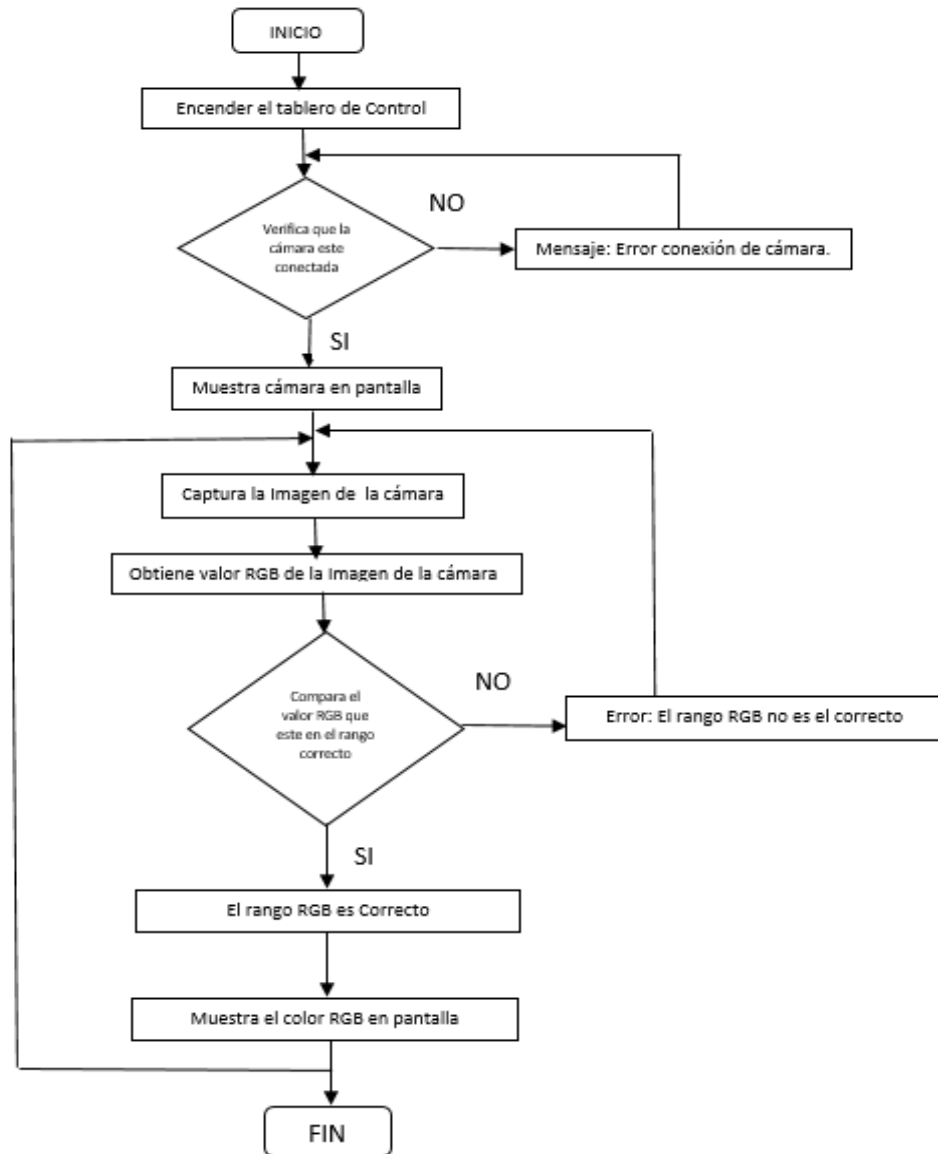
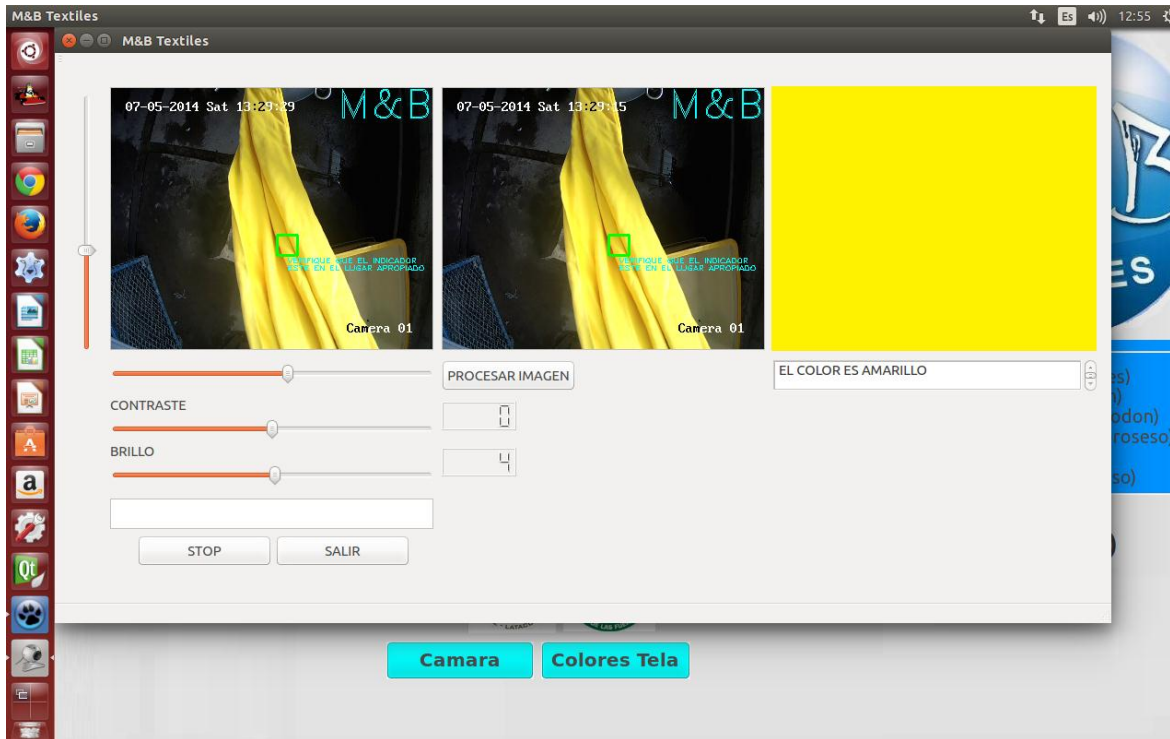


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.

# HMI-SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE TELA.



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

## CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL.

La base principal se dividió en dos partes para su construcción. Las dos partes son simétricas para tener un doble punto de apoyo el cual cuenta con una placa de acero para la sujeción al, que se pensó principalmente para disminuir vibraciones. El material utilizado en esta construcción es el acero Inoxidable AISI 316L proporcionado por la empresa.



# CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

SOLDADURA DE LA VIGA DE APOYO PARA COMPONENTES



ENSAMBLAJE DE LAS PARTES MECÁNICAS



ENSAMBLAJE PARTES ELÉCTRICAS





# ENSAMBLAJE FINAL

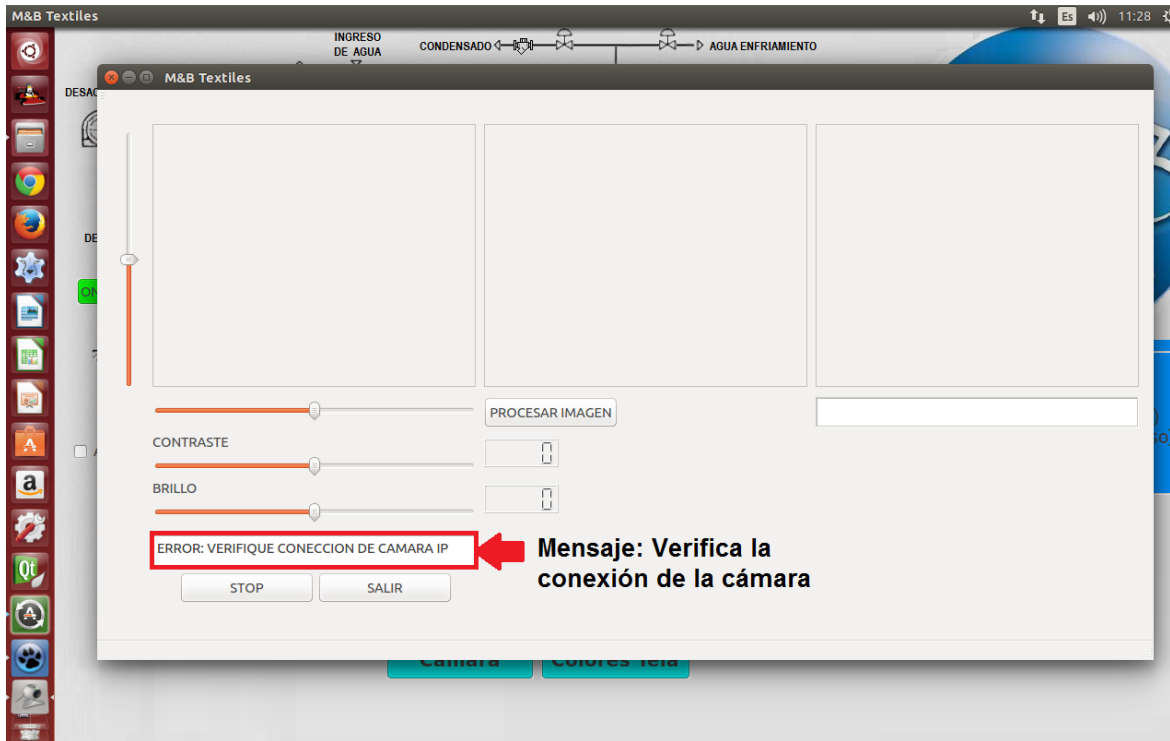


# CAPITULO IV.

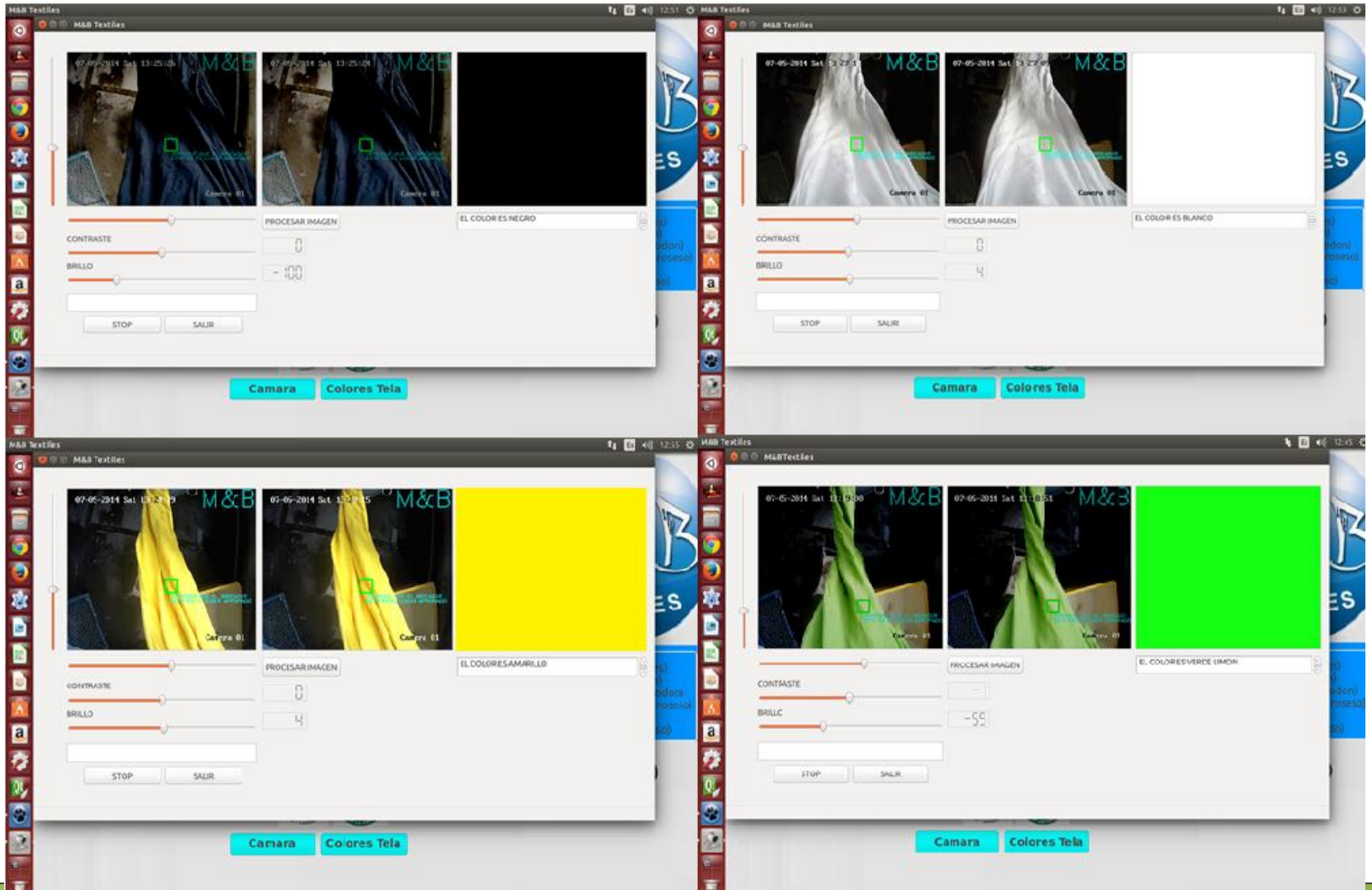
## PRUEBAS Y RESULTADOS.

- PRUEBA DE CONEXIÓN DE LA CÁMARA.
- PRUEBA DE DETECCIÓN DE COLOR TELA.
- PRUEBA DE FÓRMULAS DE COLORES.
- PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA DE RELÉ-TÉRMICO.
- PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA VARIADOR DE FRECUENCIA.
- FORMULACIÓN DE COLORES.
- INGRESO Y EXTRACCIÓN DE LA TELA A LA CENTRÍFUGA.
- TIEMPOS OPERATIVOS DEL JET.
- ESTUDIO ECONÓMICO.
- VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.

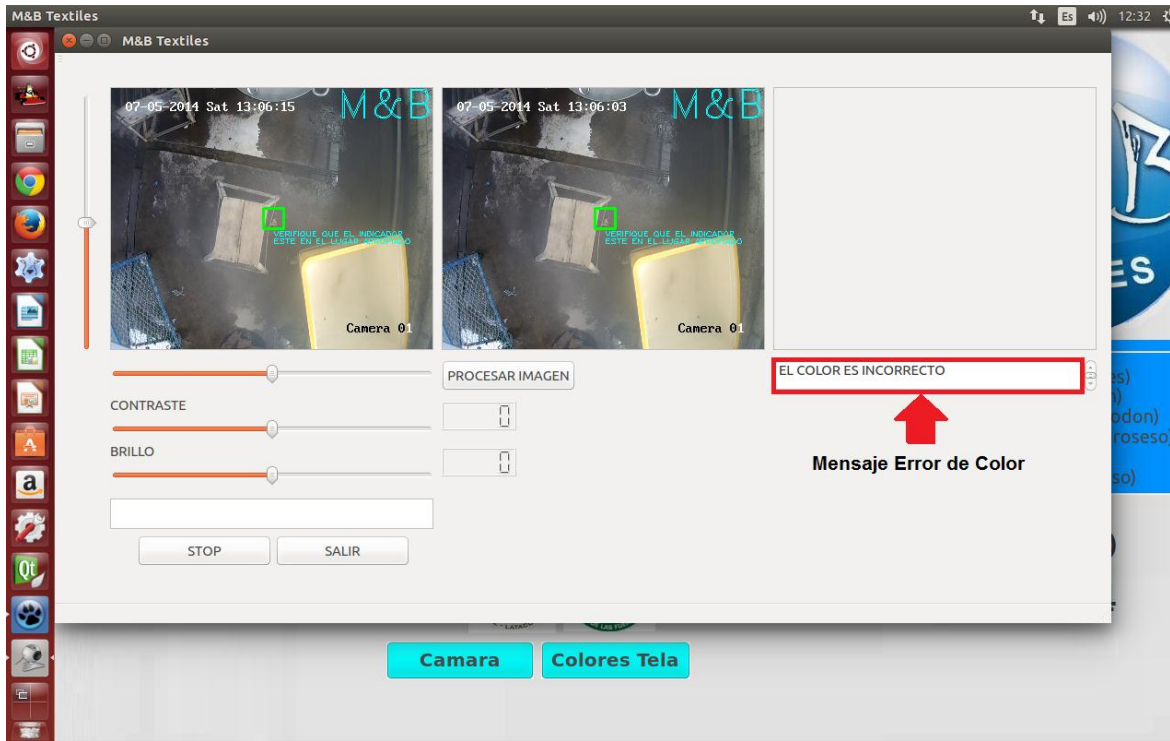
# PRUEBA DE CONEXIÓN DE LA CÁMARA.



# PRUEBA DE DETECCIÓN DE COLOR TELA



# PRUEBA DE DETECCIÓN DE COLOR TELA.



# PRUEBA DE FÓRMULAS DE COLORES.

Form1

INGRESO DE AGUA    CONDENSADO    AGUA ENFRIAMIENTO

Colores Formulas

INGRESE LA CANTIDAD EN KG: 125

SELECCIONE EL COLOR:

Rojo    Amarillo Intenso  
Rosado Intenso    Turquesa Intenso  
Salmón    Negro  
Celeste Intenso    Blanco  
Verde Intenso    Azul Marino

Jet     Barca

**PASOS DEL PROCESO DE TINTURA**

—AMARILLO INTENSO—

- 1.- Descrudado de la Tela
- 2.- Coloque 5.00 kg de Agua Oxigenada
- 3.- Coloque 2.50 kg de Sosa
- 4.- Temperatura de la Barca a 90 C por una Hora
- 5.- Coloque 0.63 kg de Acido Fonico
- 6.- Coloque 0.63 kg de Dispersante
- 7.- Coloque 0.31 kg de Igualante de Algodon
- 8.- Coloque 0.63 kg de Acido Aumentante de Algodon

**INGRESO DE COLORANTES**

**POLIESTER**

- 1.- Coloque 125.00 g de Amarillo Disperso
- 2.- Temperatura de la Barca a 90 C por una Hora

**ALGODON**

- 1.- Coloque 100.00 g de Amarillo Directo
- 2.- Temperatura de la Barca a 90 C por una Hora


Color	Cantidad
Amarillo Disperso	125.00 g

Color	Cantidad
Amarillo Directo	100.00 g

**AUXILIARES**

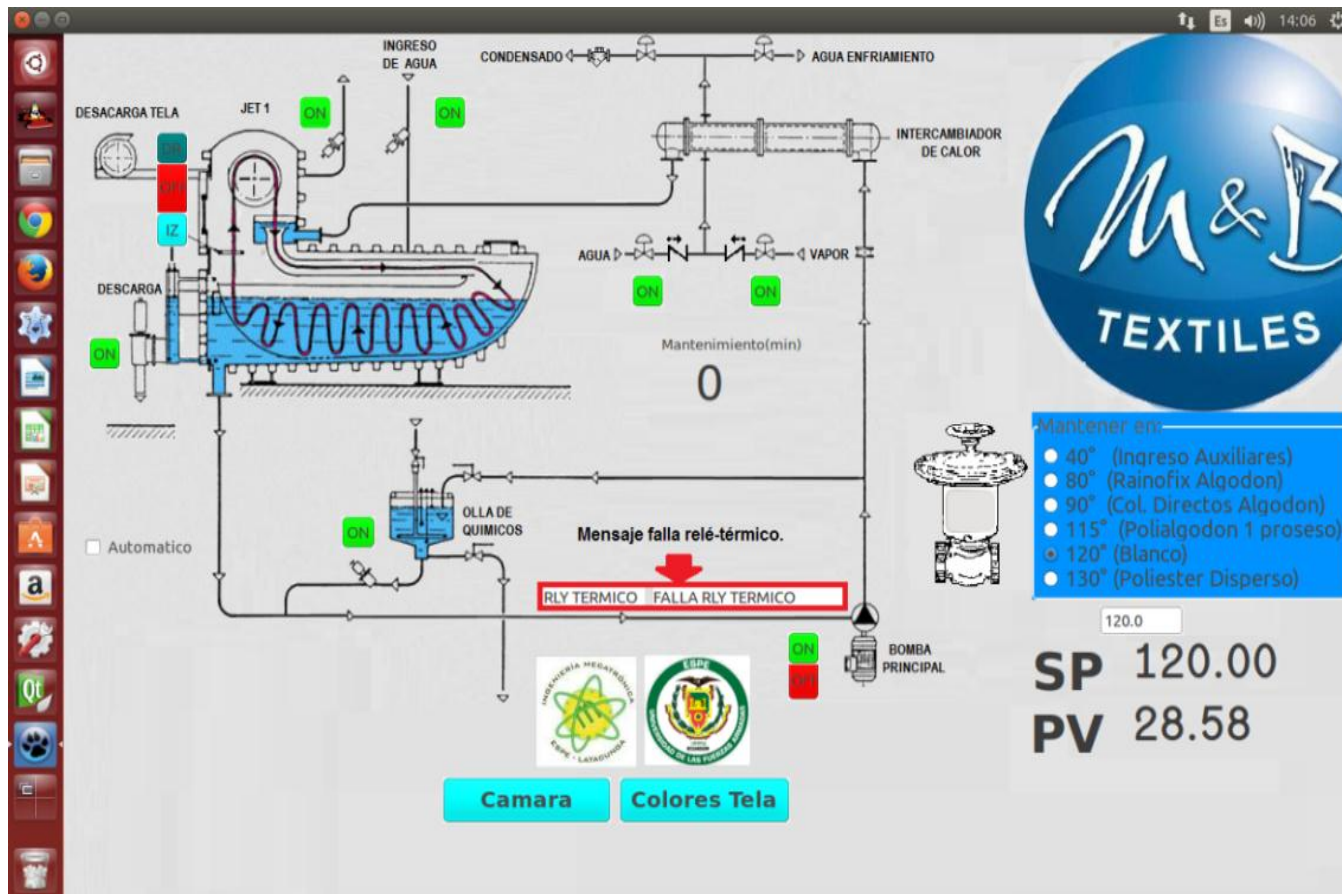
Producto	Cantidad
Agua Oxigenada	5.00 kg
Sosa	1.25 kg
Acido Fonico	0.52 kg

Producto	Cantidad
Sal	62.50 kg
Dispersante	0.63 kg
Igualante	0.31 kg
Aumentante	0.63 kg

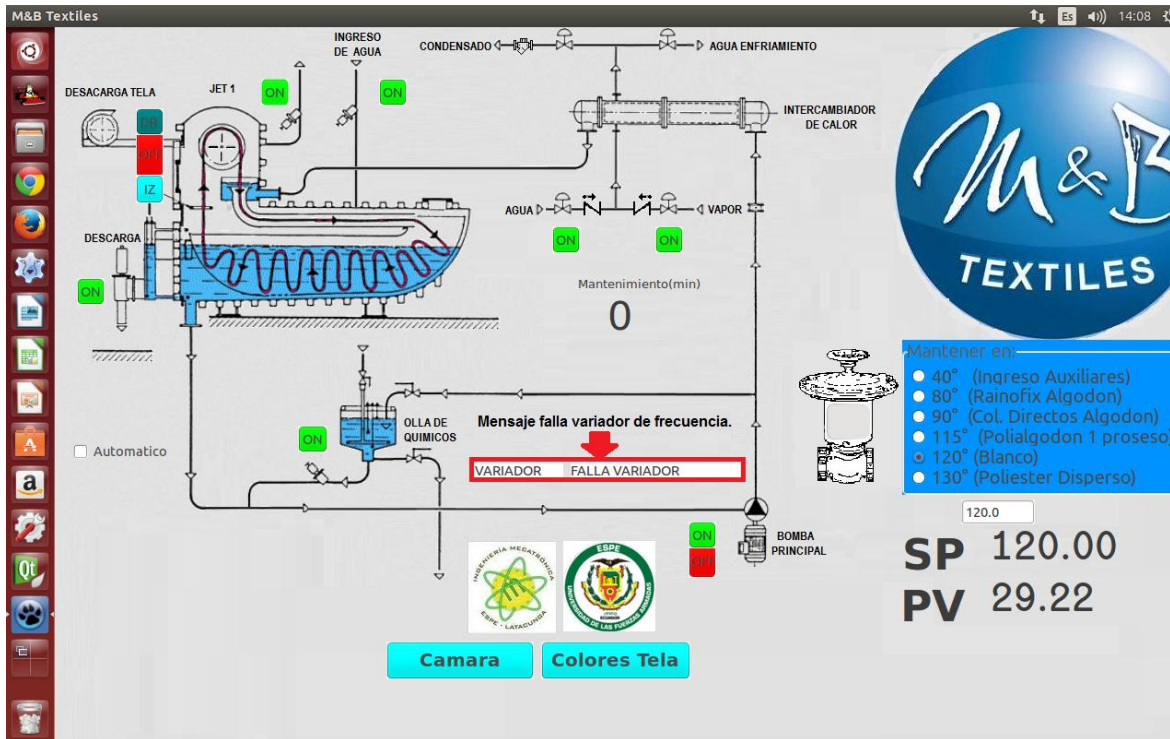


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA DE RELÉ-TÉRMICO.



# PRUEBAS DE ALARMA DE FALLA VARIADOR DE FRECUENCIA.





# PRUEBAS DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA.

CONDENSADO ← AGUA ENFRIAMIENTO

INTERCAMBIADOR DE CALOR

AGUA → VAPOR

Mantenimiento(min) **6**

TORNQUETE GIRANDO A LA DERECHA

C. NIVEL NIVEL DE AGUA OK

BOMBA PRINCIPAL

120.0 **2**

**SP 120.00**  
**PV 120.05**

Mantener en:

- 40° (Ingreso Auxiliares)
- 80° (Rainofix Algodon)
- 90° (Col. Directos Algodon)
- 115° (Polialgodon 1 proeso)
- 120° (Blanco)
- 130° (Poliester Disperso)

INGENIERIA MECATRONICA  
ESPE - LATAGUNDA

ESPE  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

Camara Colores Tela

CONDENSADO ← AGUA ENFRIAMIENTO

INTERCAMBIADOR DE CALOR

AGUA → VAPOR

Mantenimiento(min) **17**

TORNQUETE GIRANDO A LA DERECHA

C. NIVEL NIVEL DE AGUA OK

BOMBA PRINCIPAL

120.0 **2**

**SP 120.00**  
**PV 119.81**

Mantener en:

- 40° (Ingreso Auxiliares)
- 80° (Rainofix Algodon)
- 90° (Col. Directos Algodon)
- 115° (Polialgodon 1 proeso)
- 120° (Blanco)
- 130° (Poliester Disperso)

INGENIERIA MECATRONICA  
ESPE - LATAGUNDA

ESPE  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

ra Colores Tela

# FORMULACIÓN DE COLORES

## Método sin Automatización

Tarea	Tiempo (minutos)
Pesar la Tela	5
Calcular las Fórmulas	10
Pesar los Químicos	5
<b>Total:</b>	<b>20</b>

## Método con Automatización

Tarea	Tiempo (minutos)
Pesar la Tela	5
Calcular las Fórmulas	0
Pesar los Químicos	5
<b>Total:</b>	<b>10</b>

Como se observa en la Tablas , el tiempo para el cálculo de formulación de colores se reduciéndose en un 50% con el sistema implementado.

# INGRESO Y EXTRACCIÓN DE LA TELA A LA CENTRÍFUGA.

## Método sin Automatización

Tarea	Tiempo (minutos)
Ingreso de tela a la Centrífuga	4
Extracción de tela de la Centrífuga	4
Total:	8

## Método con Automatización

Tarea	Tiempo (minutos)
Ingreso de tela a la Centrífuga	3 minutos 30 segundos
Extracción de tela de la Centrífuga	3 minutos 30 segundos
Total:	7

Como se muestra en la tablas, el tiempo de ingreso y extracción de tela se redujo en un 12% , pero cabe recalcar que el trabajo físico de operador disminuyó notablemente.

# TIEMPOS OPERATIVOS DEL JET

## Método sin Automatización

Tarea	Tiempo
Proceso de Tintura Jet	3 horas con 30 minutos

## Método con Automatización

Tarea	Tiempo
Proceso de Tintura Jet	2 horas con 30 minutos

los tiempos operativos del jet disminuyeron de 3 horas con 30 minutos a 2 horas con treinta minutos lo cual produjo una disminución de 28,57 % en el consumo eléctrico.

# ESTUDIO ECONÓMICO

Descripción	Cantidad	Valor	Valor
CPU 1214C	1	660	660
Variador de frecuencia LS	1	450	450
Logo power 24v	1	107	107
Contactor	5	44.5	222.5
Relés de control	10	6.3	63
Relé de nivel	1	75.23	75.23
PT100	1	90	90
Transductor de $\Omega/I$	1	30	30
Breakers	6	6.4	38.4
Botoneras	12	4.3	51.6
Luz piloto	7	3.7	25.9
Gabinete plástico	1	95	95
Canaleta ranurada	1	22.7	22.7
Riel DIN	5	3.2	16
Tubo EMT $\frac{3}{4}$	16	4.1	65.6
Tubo EMT 1 1/2	1	9.4	9.4
Funda sellada 3/4	5	4.2	21
Funda sellada 1 1/2	1	28.7	28.7

Funda sellada 1 1/2	1	28.7	28.7
Alambre # 18	6	14.3	85.8
SB1224 Signal board	1	173	173
PC	1	200	200
Borneras # 18	80	0.7	56
Borneras # 8	10	1.6	16
Ventilador tablero	1	16.3	16.3
Válvula paso aire	1	6.3	6.3
Repartidor de corriente	1	42.1	42.1
Cámara IP	1	200	200
Tiempo Ingeniería	500	5	2500
<b>Total</b>			<b>5367.53</b>

Todos los materiales que no se han detallado en la tabla han sido proporcionados por la empresa M&B Textiles como el acero inoxidable, gabinete metálico, electro válvulas, etc. Al finalizar el estudio se observa que la inversión es muy rentable, ya que la automatización redujo tiempos de producción y aporta dinamismo al departamento de tintura.

# VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada para el proyecto es:

“Es posible automatizar la máquina de tintura tipo jet y conjuntar con una banda transportadora la centrífuga para la reducción de tiempos operativos y optimización de recursos del tinturado de tela de la empresa M&B textiles.”

Finalizada la construcción e implementación del proyecto en el área de tintura de tela de la Empresa M&B Textiles se verifica la hipótesis comprobando la reducción de los tiempos operativos en el proceso de tinturado de la tela. Además, con la implementación del sistema de visión por ordenador se mejoró la calidad del color de la tela logrando un producto más competitivo en el mercado. Con este proyecto se redujo el esfuerzo físico realizado por el operario al ingresar y extraer la tela de la centrífuga reduciendo también el tiempo con lo cual se optimizó y mejorando el proceso.

# CAPITULO V.

- CONCLUSIONES.
- RECOMENDACIONES.

# CONCLUSIONES

- El HMI del proceso, al ser realizado bajo software libre representa un ahorro importante para realización del proyecto ya que una licencia de WinCC advance runtime 128 tags para la realización del HMI de Siemens cuesta aproximadamente 882 dólares, una licencia de Windows cuesta 200 dólares y la licencia del software de visión por computadora como Labview la licencia cuesta 1210 dólares, con esto se concluye que la empresa tuvo un ahorro de software propietario de unos 2292 dólares.



- En la prueba de control de calidad de la tela se comprobó que al cambiar la fuente de luz, los colores también cambian, esto se debe a que la luz afecta la longitud de onda del color por ende se tomó la decisión de trabajar con la luz del sol ya que cuando se trabaja con la luz artificial se tiene que cambiar las propiedades de brillo y contraste para obtener un color más aproximado al real.

- Para el procesamiento de color se utilizó el modelo RGB ya que este es el más idóneo para trabajar en ordenadores y mediante este se puede mostrar un color más real en el ordenador.
- La inversión del proyecto se recupera aproximadamente en dos meses, de este tiempo en adelante todos los recursos son ganancias para la empresa y para los trabajadores reflejados en utilidades de la misma.

- Con la automatización del sistema se redujo hasta en un 30% el tiempo del proceso de tinturado de la tela, permitiendo aumentar la productividad, reducir el consumo energético y el trabajo del operador.

# Recomendaciones

- Como universidad se debería implementar líneas de investigación para el desarrollo de sistemas HMI-Scada basados en software libre ya que estos son de gran importancia para el desarrollo de la industria en el país.
- Se recomienda a la empresa continuar utilizando sistemas HMI-Scada basado en software libre para el control de nuevos procesos ya que tiene un reducido costo de implementación.

- Realizar cada seis meses una limpieza de contactos y reajuste de borneras para prolongar la vida útil del tablero de control.
- Durante la prueba de control de calidad de la tela verificar la conexión de la cámara y que la misma no este empañada para su correcto funcionamiento ya que esto puede afectar el análisis de la visión.

**GRACIAS.**