



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTACIÓN DIDÁCTICA PARA EL SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE MATERIA GRANULADA CON INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA ESPE-L”

AUTORES:

- JENNY MERCEDES MATA TUTILLO.
- WILSON IVAN MOLINA JIMÉNEZ.

TUTORES:

- ING. MARCO SINGAÑA.
- ING. HÉCTOR TERÁN.

Latacunga, junio del 2014

INTRODUCCIÓN



ESTACIÓN DIDÁCTICA

INSTRUMENTACIÓN
MECATRÓNICA

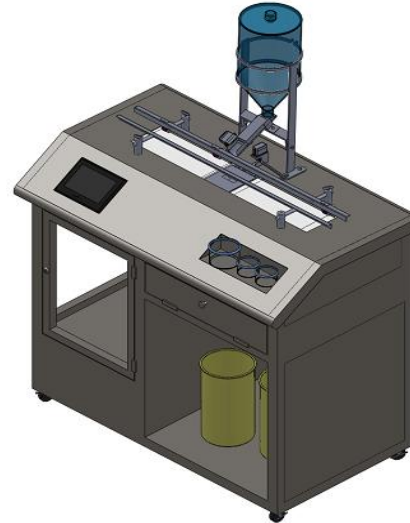
DISEÑO MECATRÓNICO

AUTOMATIZACIÓN

MICROCONTROLADORES

PLC

REDES INDUSTRIALES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS



MATERIA GRANULADA



Alimentos
(granos, cereales, frutas, etc)

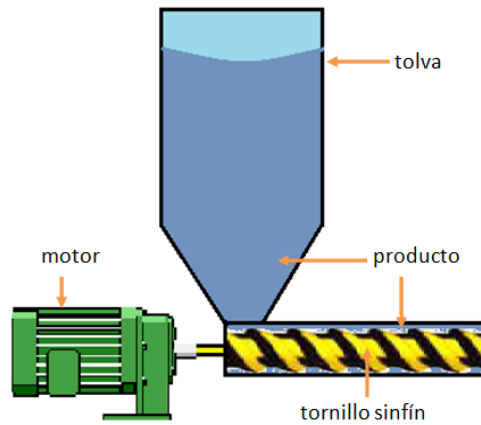
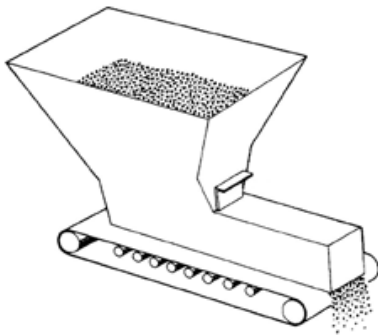
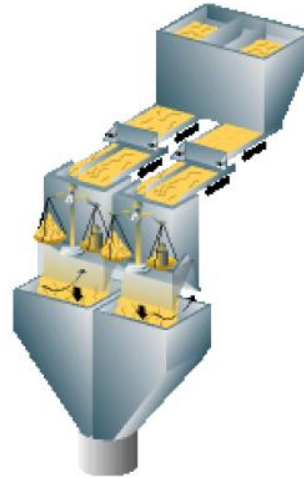
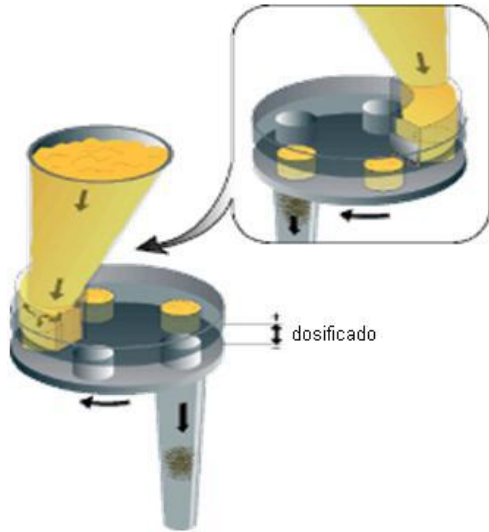
Productos farmacéuticos
(píldoras, polvos, etc).

Material de construcción
(arena, grava, cemento, etc).

Industrias
(minas, procesamiento de plásticos, etc).

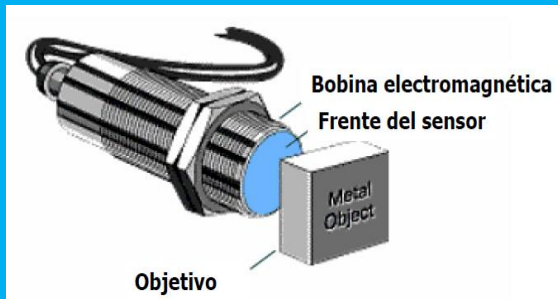


SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN

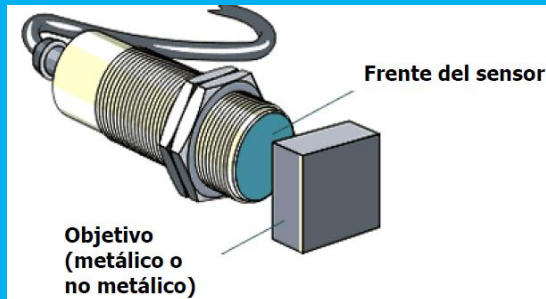


SENSORES DE PROXIMIDAD

Sensor inductivo



Sensor capacitivo

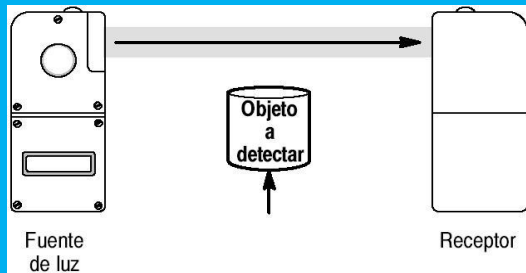


Sensor ultrasónico

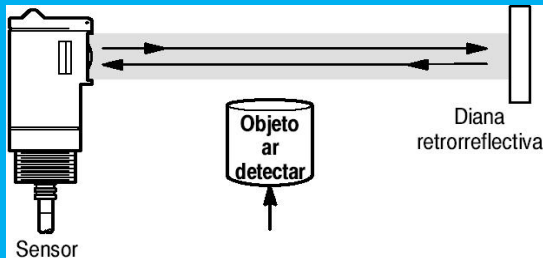


Sensor Infrarrojo

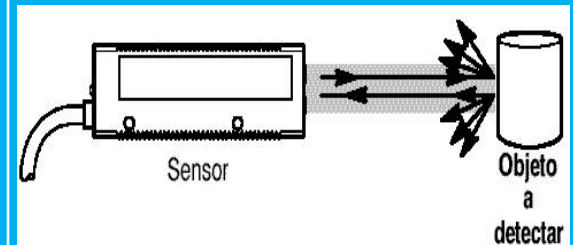
De barrera



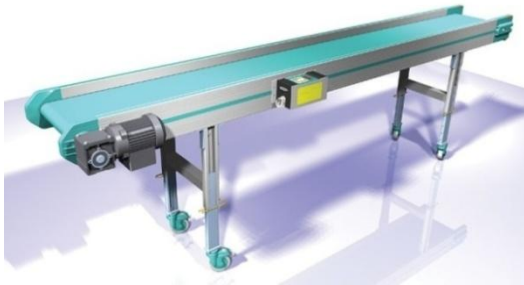
Auto reflectivo



Reflectivo



BANDA TRANSPORTADORA



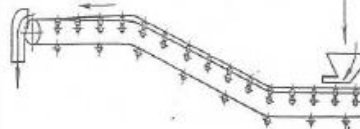
Horizontal



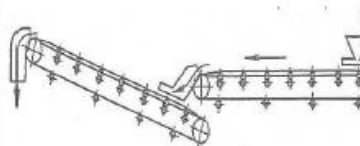
Inclinada



Horizontal-inclinada- horizontal



Horizontal-inclinada



CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y HMI



MOTORES Y SERVOMOTORES



COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

ZigBee (WPAN)	Bluetooth (WLAN/WPAN)	Wi-Fi (WLAN)
<ul style="list-style-type: none">• Estándar 802.15.4• 250 kbps• TX: 35 mA• Standby: 3μA• 32-60KB memoria• Iluminación, sensores, control remoto, etc.• Red en malla, punto a punto o punto a multipunto	<ul style="list-style-type: none">• Estándar 802.15.1• 1 Mbps• TX: 40 mA• Standby: 200μA• >100KB memoria• Telecomunicaciones, audio, etc.• Punto a multipunto	<ul style="list-style-type: none">• Estándar 802.11• Hasta 54Mbps• TX: >400 mA• Standby: 20mA• >100KB memoria• Internet, etc.• Punto a multipunto

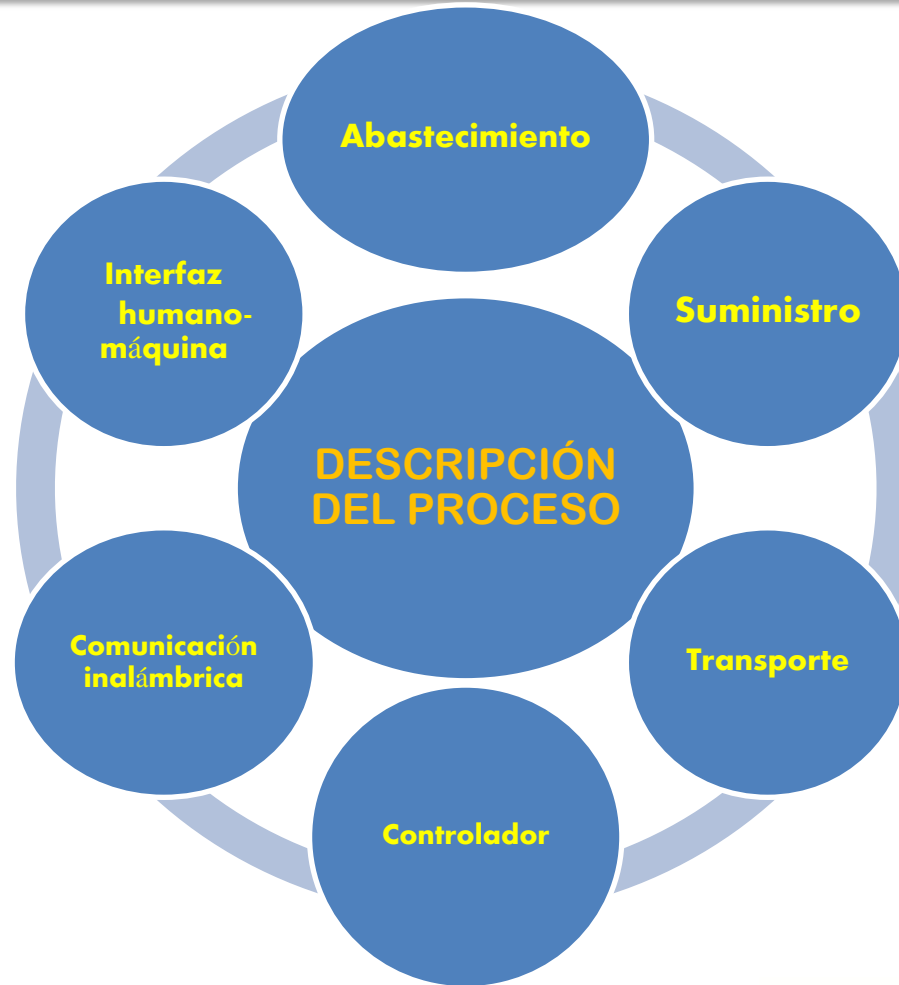


CAPÍTULO II

DISEÑO DE LA ESTACIÓN DIDÁCTICA



DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE MATERÍA GRANULADA



Diseños del sistema:

Diseño Mecánico

Diseño Eléctrico y Electrónico

Diseño de Control

Diseño del HMI



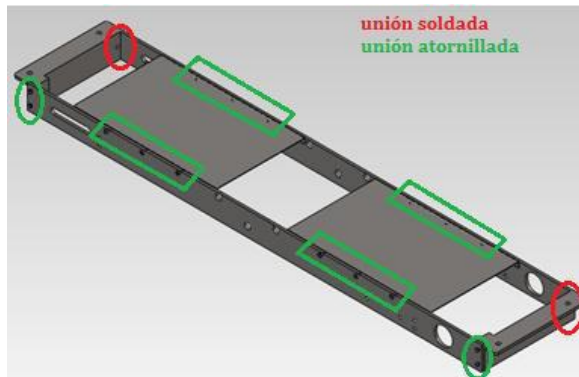
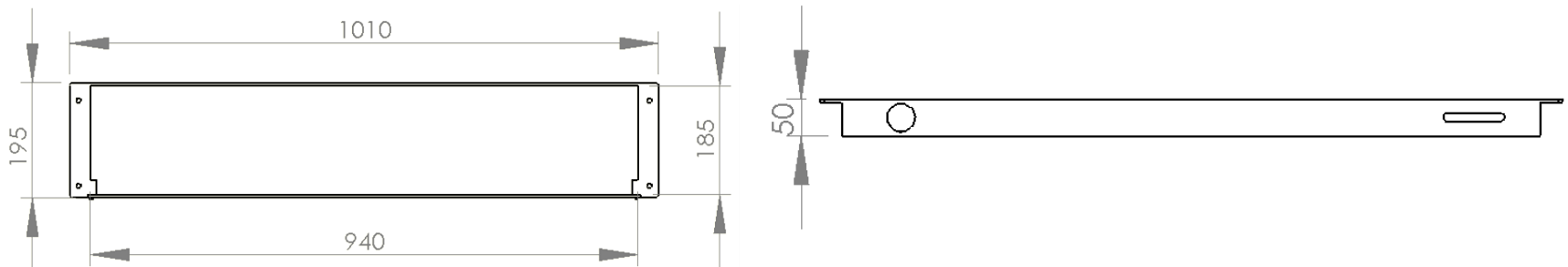
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

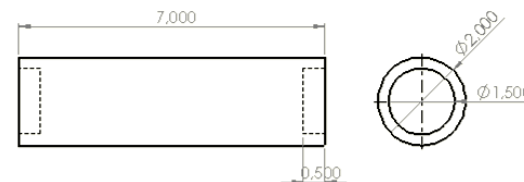
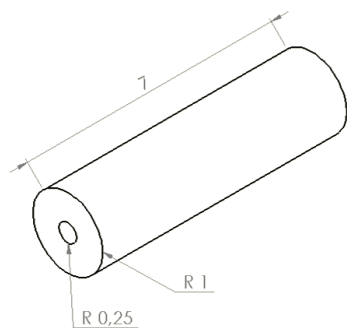
DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO

FACTOR DE SEGURIDAD para estructuras estáticas con alto grado de confianza en el conocimiento de las propiedades del material :

$$F.S. = 2$$

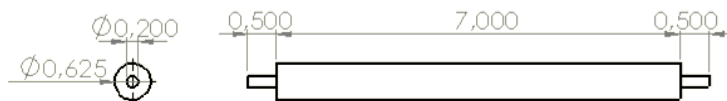
DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA





**Tambor de
retorno.**

**Dimensiones del
tambor motriz**



**Dimensiones de los
rodillos medios**

Cinta

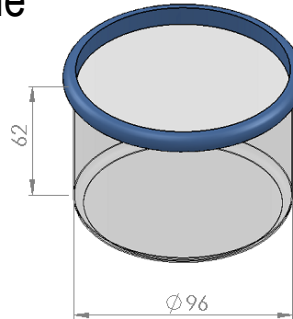
Marca:
YoungliUpro1G/12WM
Material:
Poliuretano Ancho: 14 cm
Largo: 175 cm Tipo de
empalme: largo sinfín o de
empalme biselado.



Área del material a transportar.

Consideraciones para tamaño de frasco grande

$$A = 2 * \pi * r * (h + r)$$
$$A = 2 * \pi * 0.048m (0.062m + 0.048m)$$
$$A = 0.033 m^2$$



Donde:

n: Número de recipientes.

L: Longitud de la banda.

D: Diámetro frasco

Velocidad de la banda transportadora

Longitud de la banda: 0.79 m Diámetro frasco grande: 0.096 m

$$v = N * L$$

Donde:

N: Número de recipientes que pasan por la banda en una hora.

L: Longitud de la banda.

v: Velocidad de la banda transportadora.

$$v = 480 \text{ frascos/hora} * 0,79m$$

$$v = 379.2 m/h$$

$$n = L/D$$

$$n = 0.79 m / 0.096 m$$

$$n = 8 \text{ frascos}$$

Potencia del motor:

Holgura de la banda.

$$c=0.055(B+0.9)$$

$$c=0.353 \text{ pulg}$$

Ancho plano de la banda (material).

$$k=B-2c$$

$$k=4.806 \text{ pulg}$$

Cinta completamente cargada (Vc)

$$Vc=L*A*n$$

$$Vc=0.21 \text{ m}^3$$

Potencia absorbida por el transportador (Pt)

$$Pt=(P/75)v$$

$$Pt=9.29 \text{ W}$$

Esfuerzo necesario para mover la cinta en vacío (P1)

$$P1=P\lambda+PR$$

$$P1=7 \text{ kg}$$

Potencia motriz necesaria (Pm)

$$Pm=P/t\eta$$

$$Pm=10.44 \text{ W}$$

Esfuerzo necesario para mover el material (P2)

$$P2=l'(Q3.6/v)(L+lo)$$

$$P2=1.94 \text{ kg}$$

$$P=Ppt*v/33000$$

Cálculo de la potencia efectiva (Pefectiva)

$$Pefectiva=Pm*\eta$$

$$Pefectiva=9.29 \text{ W}$$

Cálculo de la fuerza periférica en el tambor (Fpt)

$$Ppt=(Pefectiva*100)/v$$

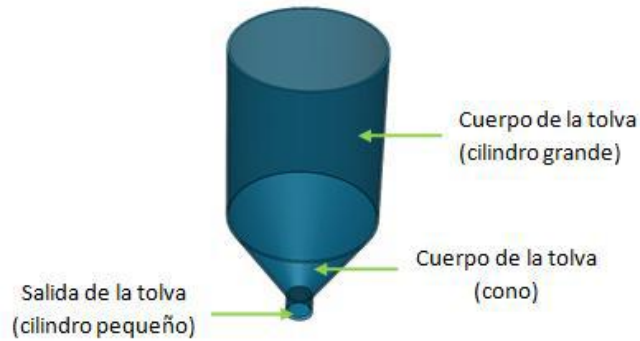
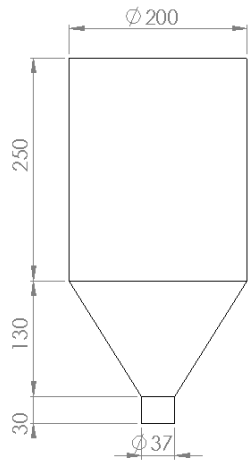
$$Ppt=8.82 \text{ KN}$$

$$P=(1982.82 \text{ lb}*20.73 \text{ ft/min})/33000$$

$$P=1.25 \text{ HP}$$



DISEÑO DE LA TOLVA

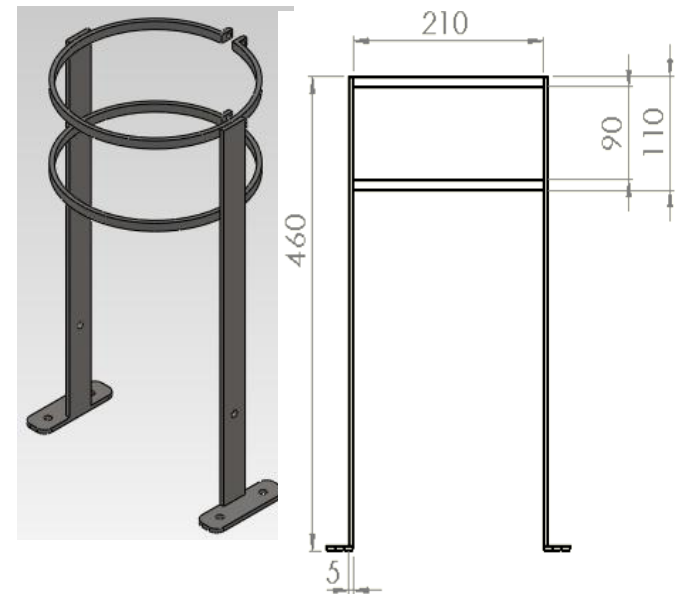


$$VT = V1 + V2 + V3$$

$$VT = 7853.98 \text{ cm}^3 + 32.26 \text{ cm}^3 + 1361.36 \text{ cm}^3$$

$$VT = 9247.6 \text{ cm}^3$$

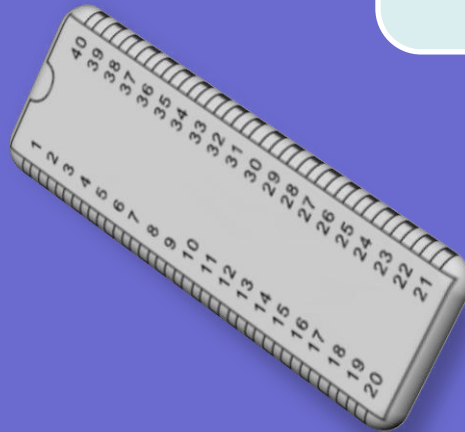
DISEÑO DEL SOPORTE DE LA TOLVA



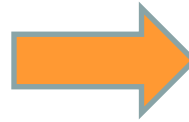
DISEÑO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO



REQUERIMIENTOS
GENERALES

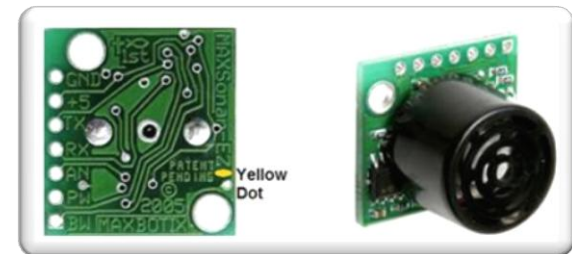


SELECCIÓN DE SENSORES

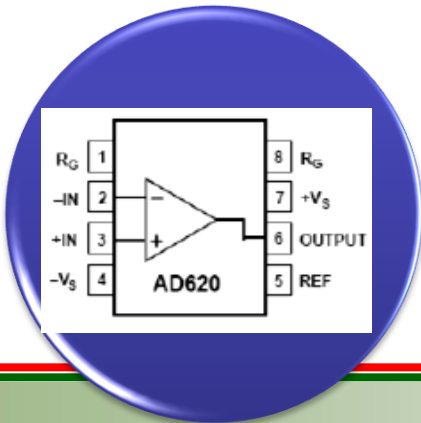
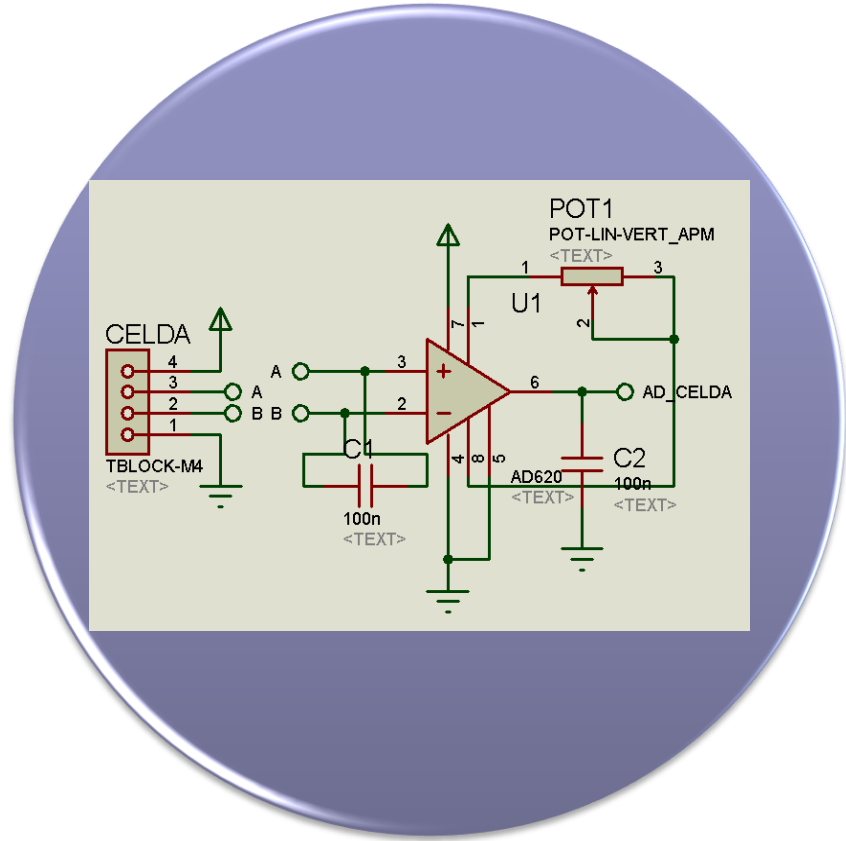
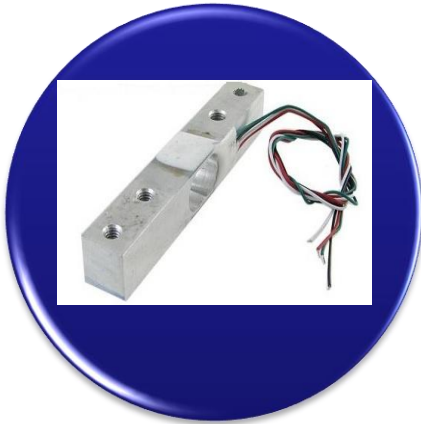


Detalle	Características
Marca:	tinyos electronics
El suministro de energía:	5v
Alcance:	3-80cm ajustable
Cable rojo:	+5v
Cable amarillo:	señal
Cable verde:	GND

Detalle	Características
Marca:	MAX BOTIX
El suministro de energía:	2.5V-5.5V
Tasa de lectura:	20Hz
Salida serie RS232:	9600bps
Salida analógica:	10mV/plg
PWM de salida:	147uS/plg



SELECCIÓN DE SENSORES



SELECCIÓN DE ACTUADORES



Detalle	Características
Tipo:	Motor CC
Serie:	DSW - 3301
Alimentación:	12V
Corriente de arranque:	8 A
Corriente de carga:	1 A
Corriente máxima:	20 A
Torque máximo:	11 N m
Velocidad:	92 rpm



CONTROLADOR VNH 5019

Detalle	Características
Alimentación:	5.5 – 24V
Corriente de salida:	12A continuos (30A max)



SELECCIÓN DE ACTUADORES



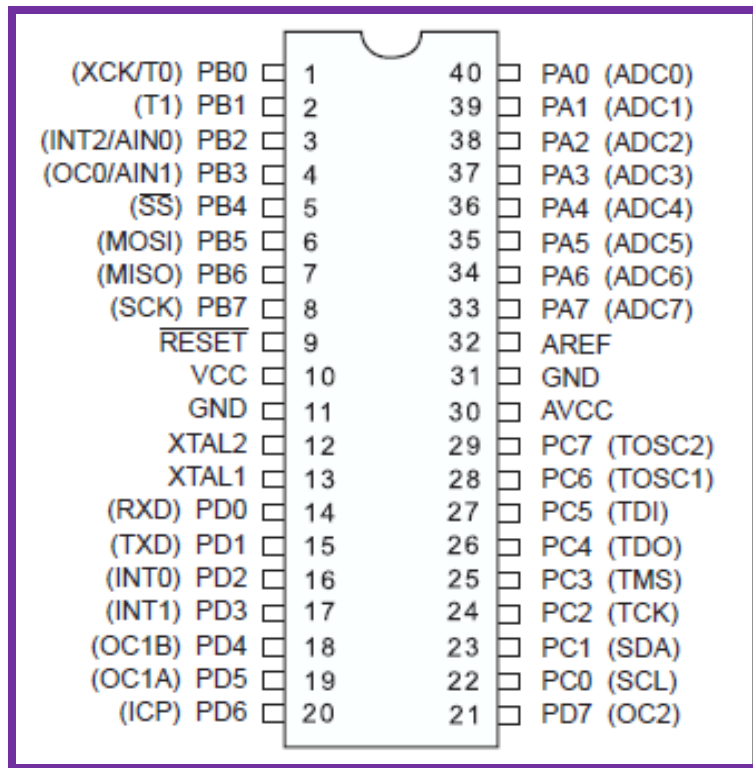
Detalle	Características
Marca:	Power HD
Serie:	1501 MG
Peso:	60g
Dimensión:	40.7 x 20.5 x 39.5mm
Voltaje que soporta:	6V
Torque:	17Kg/cm
Velocidad sin carga:	0.14 sec/60°
Temperatura de operación:	-20 °C a 60°C
Tipo de engranes:	Metálicos

Detalle	Características
Marca:	Power HD
Serie:	6001 MG
Peso:	60g
Dimensión:	40.7x20.5x39.5mm
Voltaje que soporta:	6V
Torque:	7 Kg/cm
Velocidad sin carga:	0.14 sec/60°
Temperatura de operación:	-20 °C a 60°C
Tipo de engranes:	Metálicos



SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

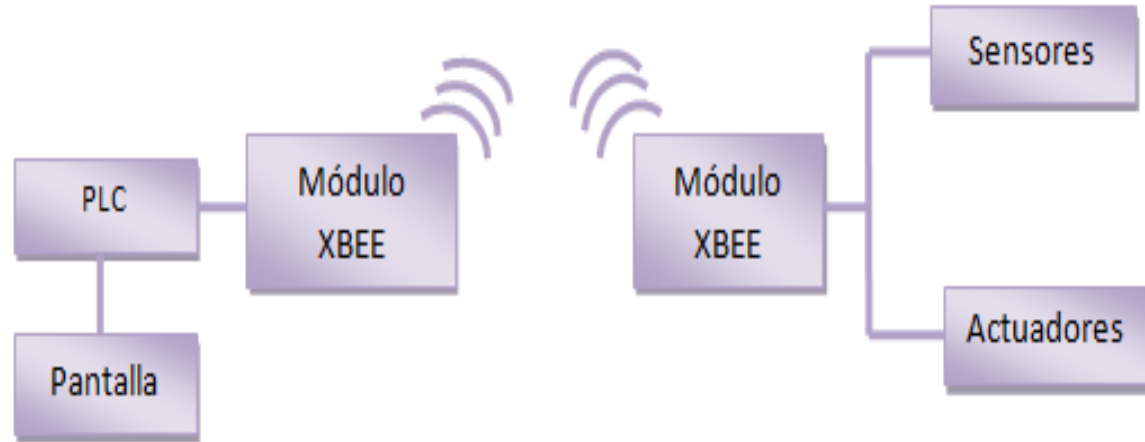
AVR ATMEGA164A



- 32 x 8 registros de propósito general
- 32 I/O programables
- 16KBytes de memoria de programa (Flash)
- 512 Bytes de memoria EEPROM
- 1kBytes de memoria interna SRAM
- 4 canales PWM
- 8 canales ADC de 10 bits
- Comunicación USART
- Interface serial SPI Maestro/Esclavo
- Voltaje de operación 2.7V a 5.5V
- Oscilador interno de 1Mhz, 2Mhz, 4Mhz y 8MHz



DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA



Características Técnicas XCM-32T-E

Forma de Programación: Instrucción y Escalera.

Alimentación AC: 110 V

Fuente de Alimentación: 24V DC

Entradas: 22

Salidas: 16

Marcas: 8000

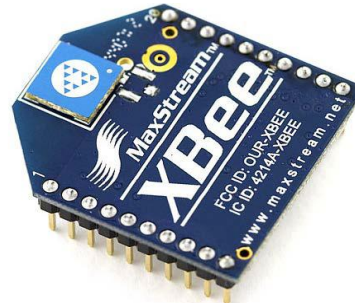
Marcas Especiales: 768

Temporizadores: 640

Contadores: 640

Registros: 8000

Registros Especiales: 1024



Características Técnicas

Voltaje de alimentación: 2.8 - 3.4 V

Frecuencia de Operación: 2.4Ghz

Tasa de transferencia: 250 Kbps

Corriente de Transmisión: 45 mA

Corriente de Recepción: 50 mA

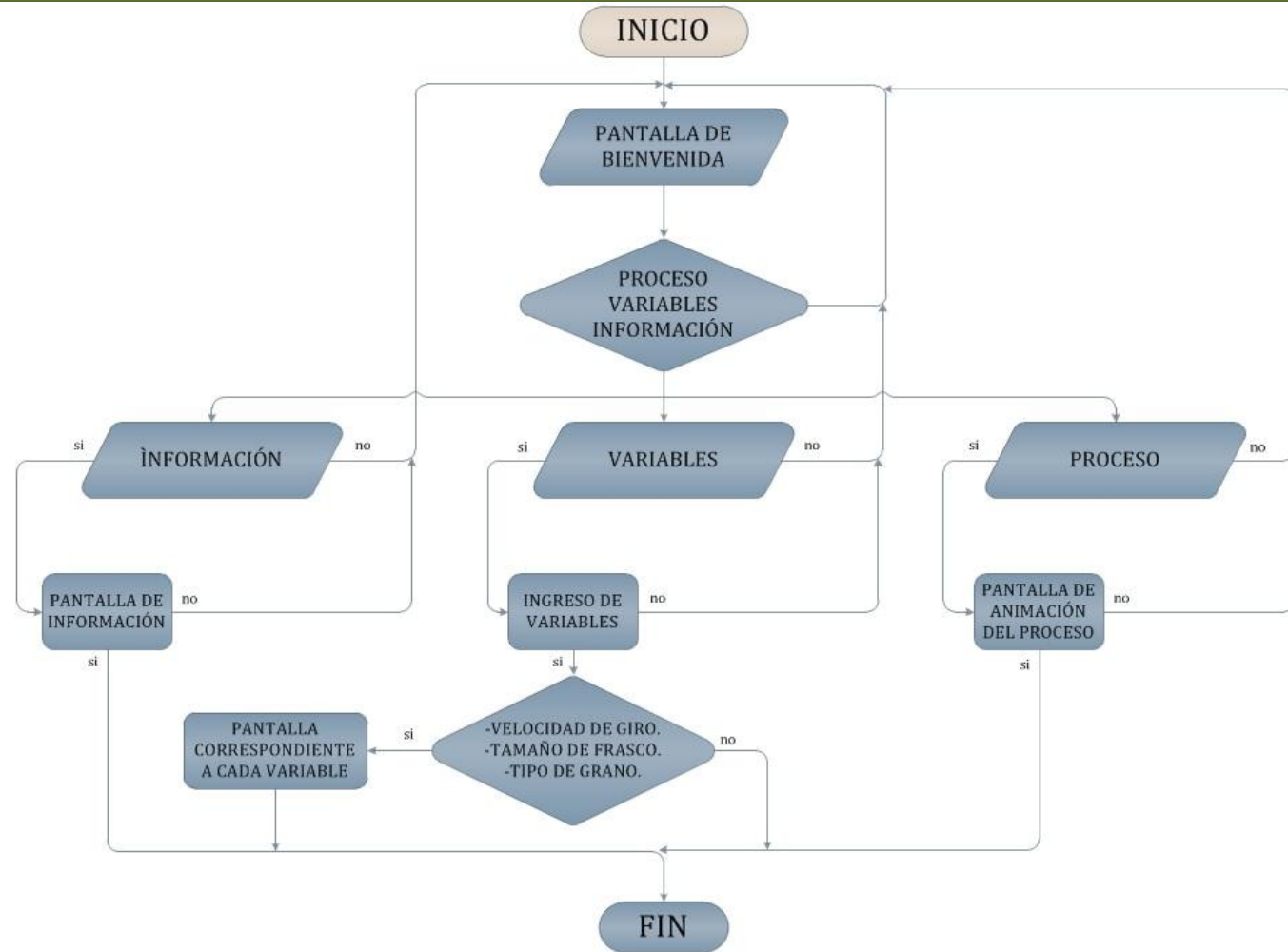
Temperatura de operación: -40°C a +85°C

Distancia de transmisión exterior con línea de vista: 100m.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO DEL HMI

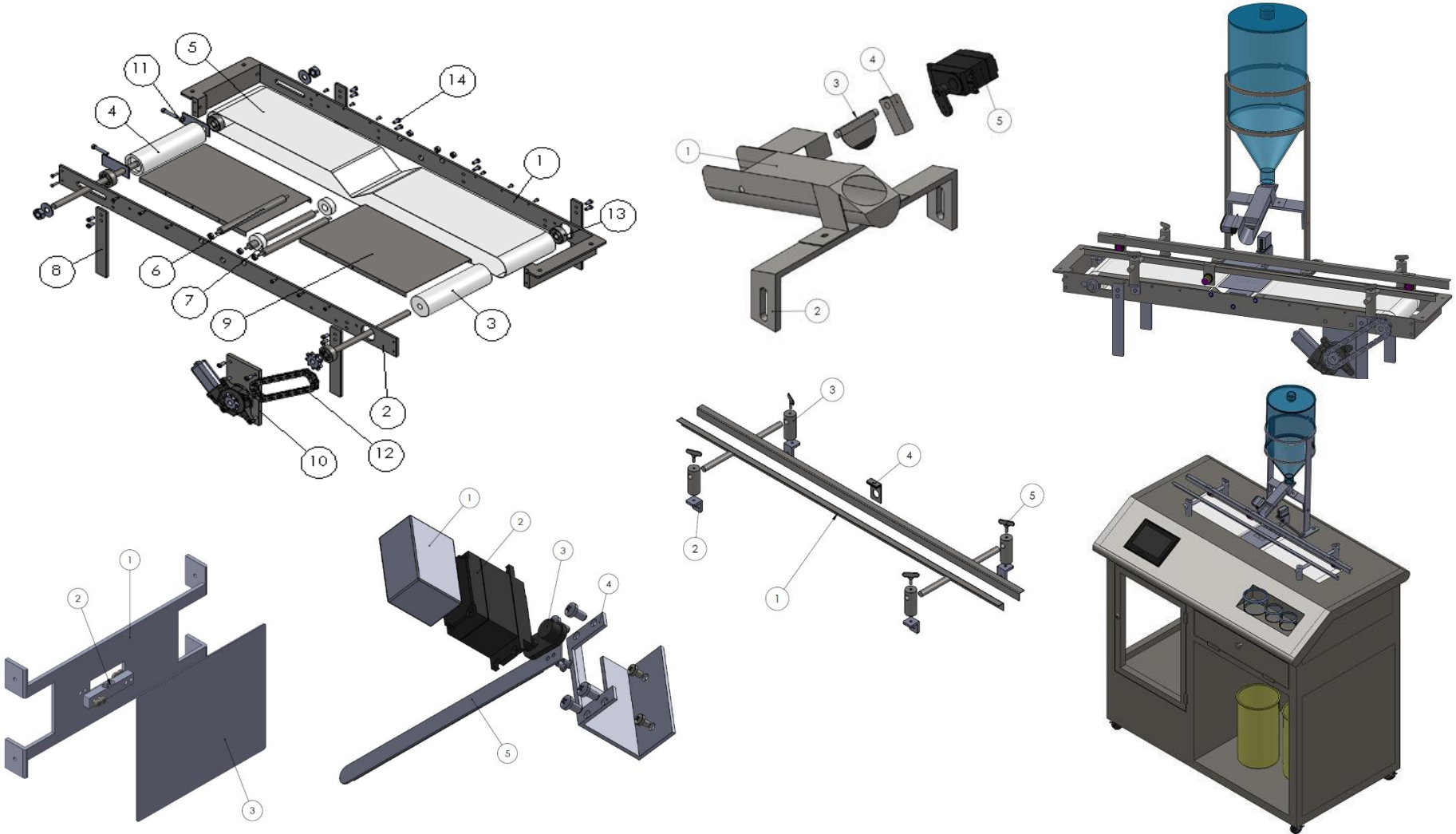


CAPÍTULO III

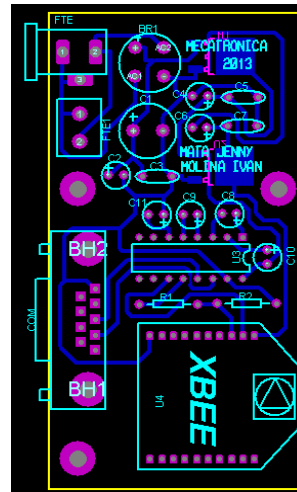
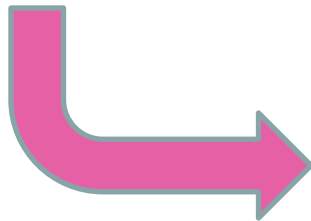
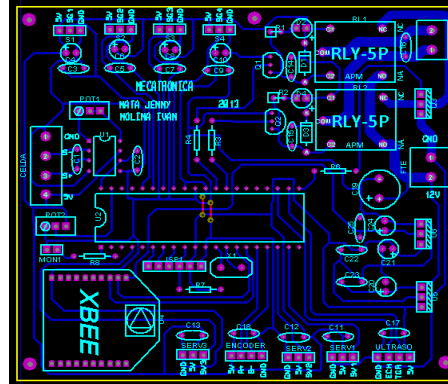
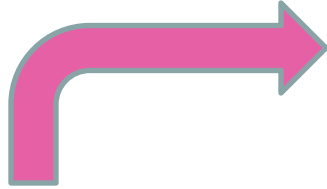
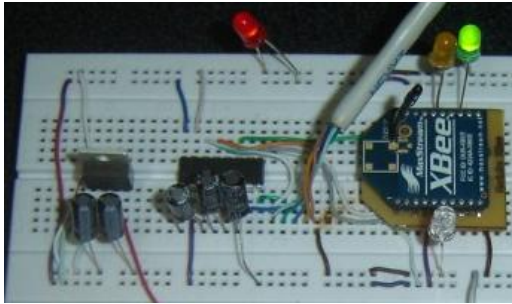
IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DIDÁCTICA



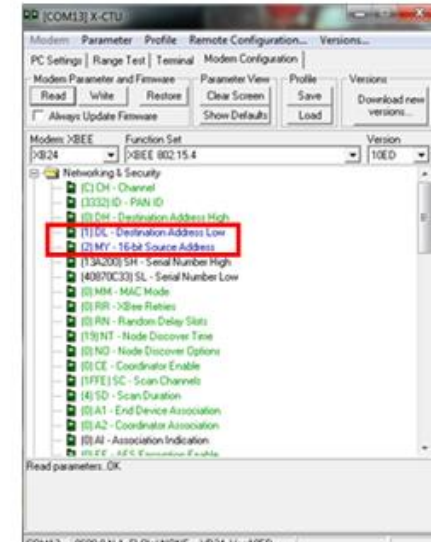
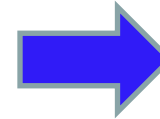
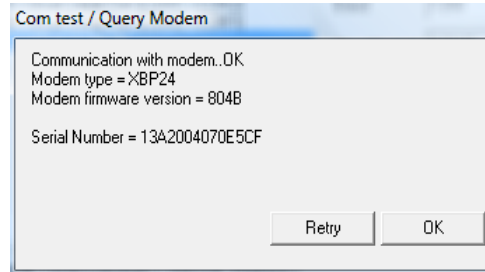
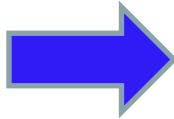
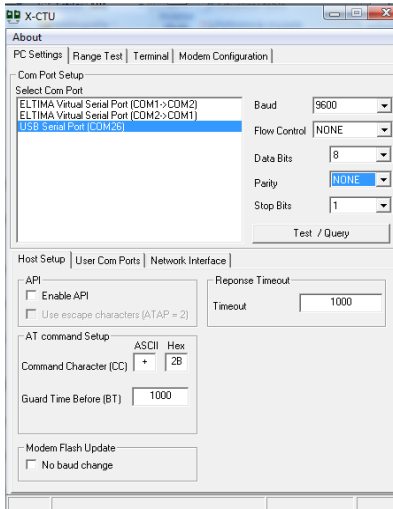
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO



IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA ELECTRÓNICA



CONFIGURACIÓN MÓDULO XBEE



CALIBRACIÓN DE SENSORES



DIRECCIONAMIENTO
Para la estación local:

- DL: FAFA
- MY: EFEF

Para la estación móvil:

- DL: FAFA
- MY: EFEF



PROGRAMACIÓN

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Trama de recepción:

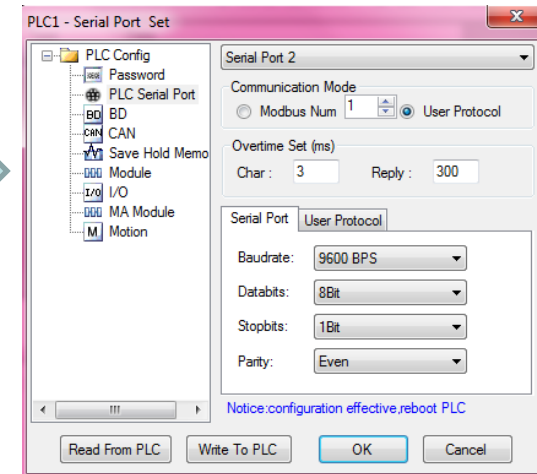
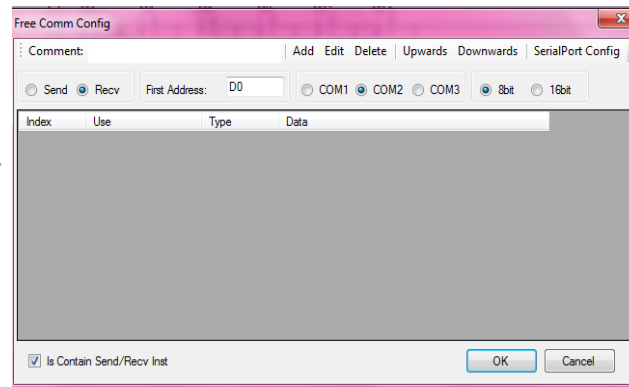
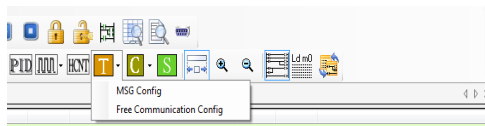
< < & R X & Valor celda de carga & Valor sensor ultrasónico & Sensor infrarrojo 1 & Sensor infrarrojo 2 & Sensor infrarrojo 3 & > >

Trama de envío:

< & T X & Sentido de giro de la banda & Velocidad de la banda & Posición servomotor compuerta & Posición servomotor palanca & >



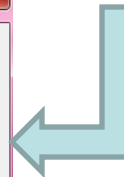
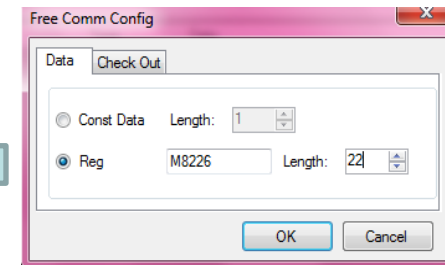
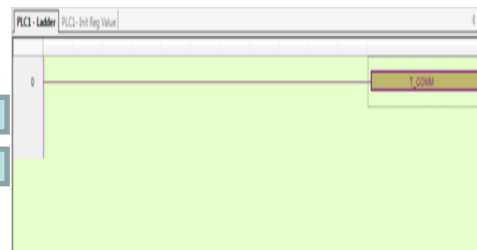
COMUNICACIÓN XBEE-PLC

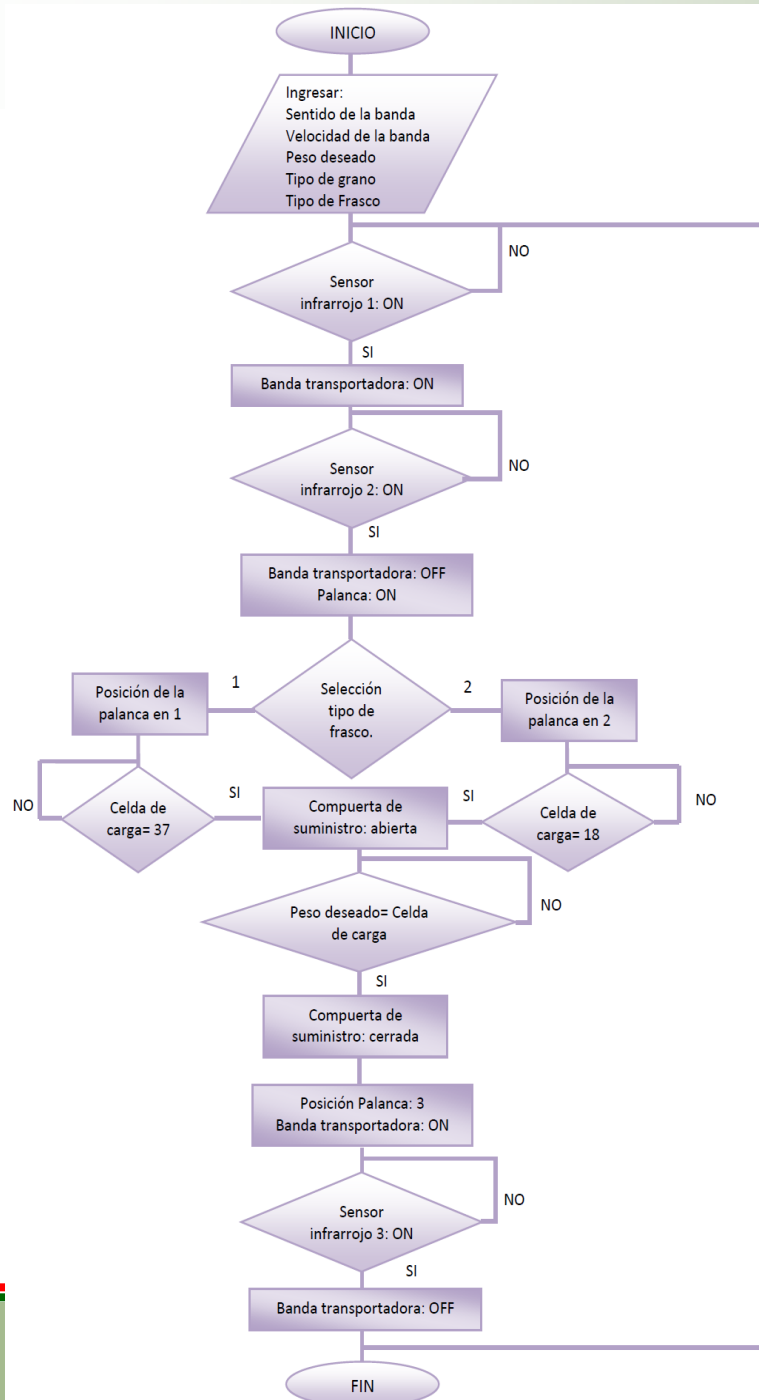


PLC1 - Reg Monitor

Monitor Search: D200

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00	60	60	38	82	88	38	51	38	50	54
D01	38	48	38	48	38	48	38	62	62	13
D02	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





PROGRAMACIÓN DEL PROCESO



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- PRUEBAS A LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS



- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC



- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HMI.



- PRUEBAS DE COMUNICACIÓN MÓDULOS XBEE

```

X-CTU [COM34]
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status: CTS | CD | DSR
DTR [x] | RTS [x] | Break [ ]
Close Com Port | Assemble Packet | Clear Screen | Hide Hex

0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 33 31 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&30& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 33 30 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&28& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 38 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&27& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 37 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&27& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 37 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&26& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 36 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&27& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 37 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 33 31
&0&0&0&>> 26 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 33 31 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 33 31 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 33 31 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&31& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 33 31 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&3&29& 0A 3C 3C 26 52 58 26 33 26 32 39 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
. 0A
COM34 | 9600 8-N-1 FLOW:NONE | Fix: 2710 bytes
  
```

```

X-CTU [COM34]
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status: CTS | CD | DSR
DTR [x] | RTS [x] | Break [ ]
Close Com Port | Assemble Packet | Clear Screen | Hide Hex

0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&27& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 37 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&26& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 36 26
0&0&0&>> 30 26 30 26 30 26 3E 3E OD
.<<&RX&2&26& 0A 3C 3C 26 52 58 26 32 26 32 36 26

Send Packet
<&TX&0&255&0&0&
Byte count: 16
Close | Send Data | Display | Clear | HEX | ASCII
COM34 | 9600 8-N-1 FLOW:NONE | Fix: 19870 bytes
  
```

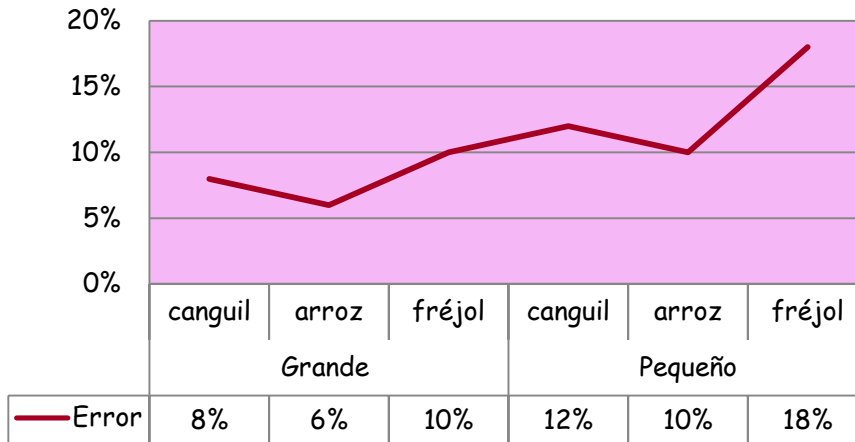


• PRUEBAS DEL SISTEMA DE SUMINISTRO

Análisis de resultados:

N° de frascos de la prueba	Tamaño de frasco	Tipo de grano	Frascos correctamente suministrados	Frascos Fallidos	Error
50	Grande	canguil	46	4	8%
50		arroz	47	3	6%
50		fréjol	45	5	10%
150	TOTAL		138	12	8%
50	Pequeño	canguil	44	6	12%
50		arroz	45	5	10%
50		fréjol	41	9	18%
150	TOTAL		130	20	13%
				ERROR PROMEDIO	10,5%

Porcentaje frascos fallidos



- PRUEBAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA



Análisis de resultados:

D 0	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D 11	D 12	D 13	D 14	D 15	D 16	D 17	D 18	D 19	D 20	D 21
<	<	&	R	X	&	0	&	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>				
<	<	&	R	X	&	0	&	1	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>			
<	<	&	R	X	&	0	&	1	0	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>		
<	<	&	R	X	&	1	0	&	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>			
<	<	&	R	X	&	1	0	&	1	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>		
<	<	&	R	X	&	1	0	&	1	0	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>	
<	<	&	R	X	&	1	0	0	&	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>		
<	<	&	R	X	&	1	0	0	&	1	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>	
<	<	&	R	X	&	1	0	0	&	1	0	0	&	0	&	0	&	0	&	>	>



ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNITARIO	TOTAL
1	Sensores infrarrojos	3	\$ 8,00	\$ 24,00
2	Sensor ultrasónico	1	\$ 45,00	\$ 45,00
3	Celda de carga	1	\$ 18,00	\$ 18,00
4	Servomotor 6001 MG	1	\$ 28,00	\$ 28,00
5	Servomotor 1501 MG	1	\$ 37,00	\$ 37,00
6	Tolva	1	\$ 75,00	\$ 75,00
7	Controlador VNH 5019	1	\$ 45,00	\$ 45,00
8	Motor DC	1	\$ 28,00	\$ 28,00
9	Cinta Transportadora	1	\$ 45,00	\$ 45,00
10	Frascos grandes	4	\$ 1,00	\$ 4,00
11	Frascos pequeños	4	\$ 0,75	\$ 3,00
12	XBEE Serie 1	2	\$ 48,00	\$ 96,00
13	Material Mecánico	1	\$ 600,00	\$ 600,00
14	Material eléctrico/electrónico	1	\$ 200,00	\$ 200,00
15	Touch Panel TH 765 UT	1	\$ 700,00	\$ 700,00
16	Cable mini USB	1	\$ 25,00	\$ 25,00
				\$ 1.973,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNITARIO	TOTAL
1	PLC XINJE XCM-32T-E	1	\$ 400,00	\$ 400,00
				\$ 400,00

GASTOS REALIZADOS POR LOS AUTORES DEL PROYECTO	\$ 1.973,00
COSTO DE PLC DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	\$ 400,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$ 2.373,00

MÁQUINAS SIMILAR AL
PROYECTO ESTÁN A UN
COSTO DE \$ 72.800,00 USD

COSTO BENEFICIO
\$ 70.427,00 USD



VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS



¿Al diseñar y construir una Estación Didáctica se conseguirá un proceso eficiente de suministro y transporte de materia granulada con una Interfaz Humano-Máquina y comunicación inalámbrica?



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó una estación didáctica para el suministro y transporte de materia granulada con interfaz humano - máquina y comunicación inalámbrica para el Laboratorio de Mecatrónica de la ESPE-L.
- Mediante la implementación del proyecto se ha logrado crear un sistema que permita suministrar varios tipos de granos en distintas proporciones, obteniendo un proceso moderno, eficiente y automatizado
- Se investigó y seleccionó minuciosamente cada uno de los dispositivos que intervienen en el proyecto facilitando un correcto funcionamiento de la estación didáctica de suministro y transporte de materia granulada.
- Se diseñó un interfaz humano máquina mediante una pantalla de visualización que permite al usuario la interacción con las variables del proceso así como también la visualización de los datos medidos.



CONCLUSIONES

- La comunicación entre el PLC y el dispositivo XBEE se consiguió apoyados en una profunda investigación acerca de la comunicación serial en formato libre incorporada en las librerías del PLC y configurando iguales velocidades de transmisión entre los dispositivos.
- Se configuró los dispositivos XBEE en modo punto a punto y se asignó direcciones para que no se enlace la comunicación con otros dispositivos XBEE existentes en el Laboratorio.
- La estación didáctica servirá para la práctica de distintas asignaturas debido a que es una aplicación netamente Mecatrónica al integrar varios sistemas que incluye Instrumentación, Comunicaciones inalámbricas, Control de procesos.



RECOMENDACIONES

- El usuario que vaya hacer uso de la estación didáctica, debe leer y comprender lo expuesto en el manual para realizar el adecuado uso y así garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
- Las estructuras que van a estar en contacto directo con el producto deben ser construidas en materiales que no sean corrosivos por lo general en cuanto a productos alimenticios se trate es recomendable el uso de acero inoxidable.
- Se debe revisar la documentación de cada uno de los dispositivos antes de su manipulación para comprender su funcionamiento y evitar daños provocados por el manejo equivocado de los equipos.



- Por seguridad no se deberá setear valores menores a 70 que equivale a 25 rpm en el valor de la velocidad de la banda porque si bien es cierto con estos valores se mueve la banda pero el motor realiza un esfuerzo mucho mayor y podría sufrir algún daño o disminuir su vida útil.
- Es importante que los parámetros seteados en el panel táctil coincidan con los que se tiene en proceso real caso contrario no funcionará de forma óptima el proceso.



***GRACIAS POR SU
ATENCIÓN***



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA