

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA INTELIGENTE
BASADA EN EL TRABAJO COLABORATIVO DE LA
REPOTENCIACIÓN DE 2 ROBOTS SCARA Y SISTEMA DE
TRANSPORTE PARA LA CLASIFICACIÓN Y TRASLADO DE
PRODUCTOS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL”**

AUTORES: PÉREZ ALEJANDRO CARLOS ANDRÉS
REYES ZAMBRANO ANDRÉS

DIRECTOR: ING. CORTEZ PAZMIÑO, BYRON HERNÁN

2022





CONTENIDO

- Introducción
- Marco teórico
- Metodología
- Repotenciación
- Pruebas y Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



Antecedentes

- La aplicación de robots está enfocada en realizar cualquier actividad que el ser humano es capaz de hacer. En la actualidad se ha experimentado un auge en el campo de la industria de manufactura debido a los aumentos de demanda de producción que justificaban las inversiones

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Justificación

- El problema que se desea resolver es debido que, al existir una celda de manufactura en la universidad, ésta sea capaz realizar procesos similares a la industria, con tecnología abierta, además, esta contará con un diseño modular y amigable con el usuario, con el propósito de ayudar a los estudiantes a adquirir la experiencia necesaria.

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Importancia

- La integración una celda inteligente con tecnología nacional, permitirá una estructura flexible; la cual integrará una arquitectura abierta para un aprendizaje técnico de mejor calidad, desarrollo de nuevas tecnologías, conocimiento y gestión de procesos industriales. También, servirá para una mejor preparación tanto académica como profesional, debido a que, al comenzar a utilizar este nuevo tipo de tecnologías, los estudiantes serán capaz de replicar o implementar los conocimientos adquiridos a nuevos sistemas, mecanismo dentro de empresas nacionales.

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Objetivos

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Objetivo general

- Diseñar e implementar una celda inteligente basada en el trabajo colaborativo de la repotenciación 2 robots SCARA y sistema de transporte para clasificar y trasladar productos mediante visión artificial.

• ***Objetivos específicos***

- Evaluar el estado general los robots SCARAs y la banda transportadora.
- Rediseñar el control del actuador del sistema de transporte.
- Diseñar e implementar el sistema de alimentación de productos al proceso



Objetivos

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Objetivos específicos

- Implementar el sistema de visión artificial para realizar el proceso de clasificación de piezas.
- Diseñar e implementar una interfaz HMI basado en la norma ISA 101.
- Realizar las debidas pruebas del proceso de clasificación de piezas por color de manera continua.
- Implementar una base de datos para llevar un registro de la producción.



Desarrollo de la Repotenciación

Introducción

Marco teórico

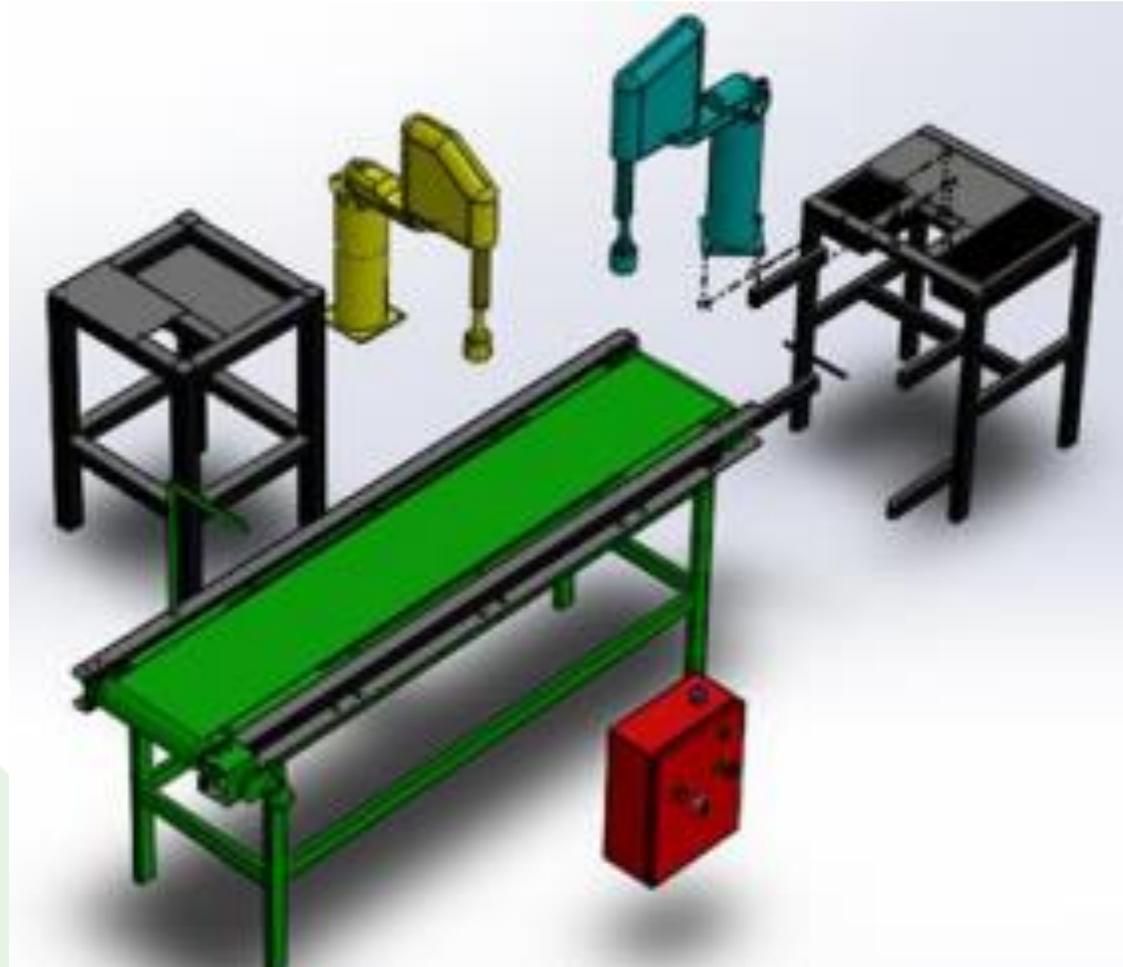
Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Diseño del sistema de control

Introducción

Marco teórico

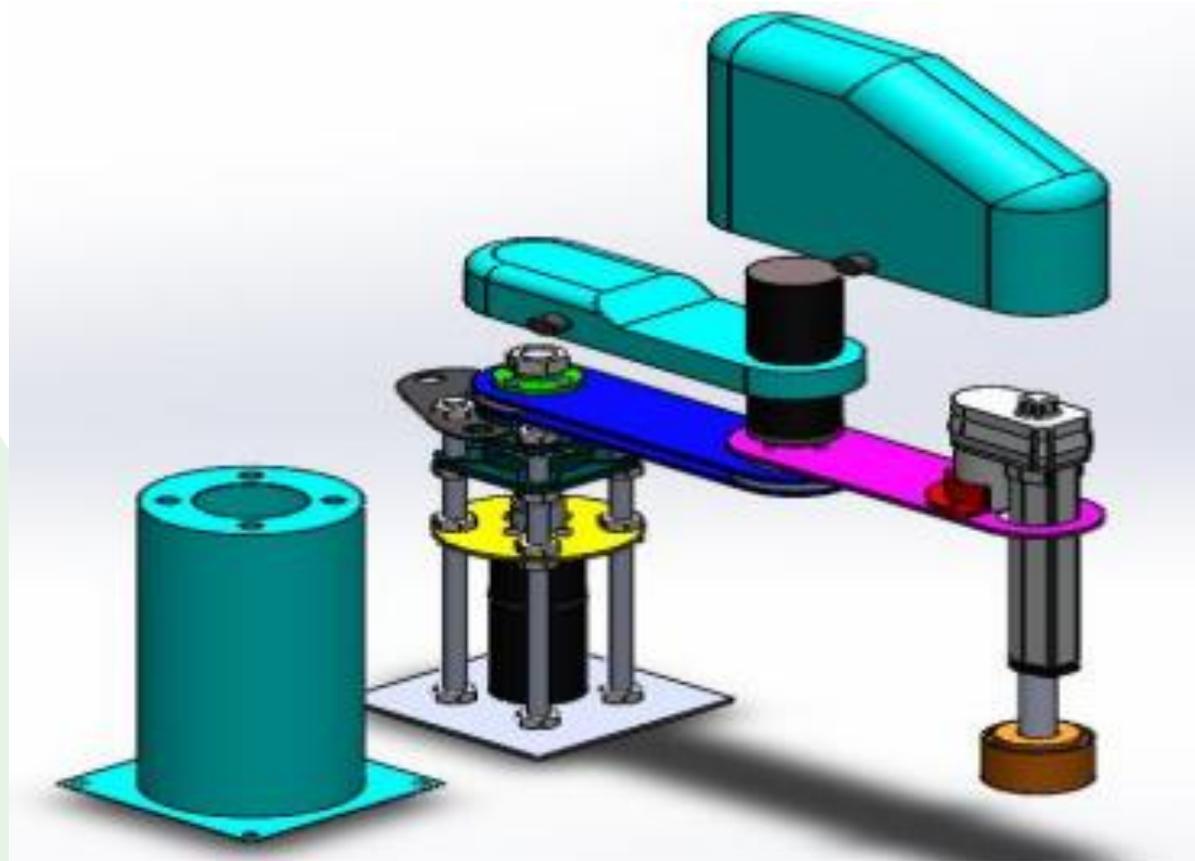
Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado actual			Acciones a tomar
		Bueno	Regular	Malo	
Robot SCARA 1			X		<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza general de las piezas - Eliminación de oxido
Carcasa			X		<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de cables de conexión - Remoción de pintura vieja - Eliminación de oxido - Pulido - Pintado
Electroimán				X	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar acople - Adquisición de un electroimán de 24 V
Acople Soporte motor lineal				X	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar cartones, epoxi y siliconas. - Cambiar acople para eliminar juegos
Placa de Soporte motor lineal		X			<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar óxidos - Lijar - Pintar
Placa motor base				X	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar Epoxi - Retirar potenciómetro y engranes - Diseñar nueva placa corrigiendo distancias de engranes
Acople soporte motor base				X	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar pasadores y tornillos - Diseñar nuevo acople corrigiendo centros de tornillos
Soporte potenciómetro brazo 2	X				<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar soporte para el segundo potenciómetro que contiene una caja reductora y su respectivo acople
Placas brazo 1			X		<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar oxido - Lijar - Pintar



Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

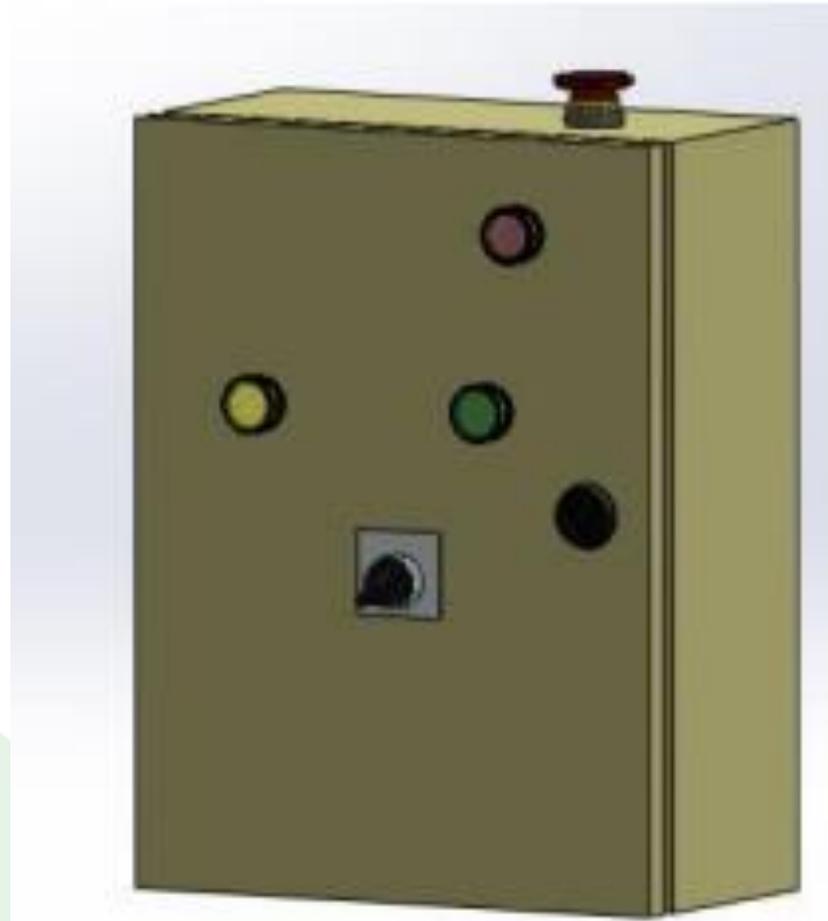
Recomendaciones

Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado actual			Acciones a tomar
		Bueno	Regular	Malo	
Robot SCARA 2				X	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza general de las piezas - Eliminación de óxido - Cambio de cables de conexión - Remoción de pintura vieja
Carcasa			X		<ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de óxido - Pulido - Pintado
Electroimán				X	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar acople - Adquisición de un electroimán de 24 V
Acople Soporte motor lineal				X	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar cartones, epoxi y siliconas. - Cambiar acople para eliminar juegos
Placa de Soporte motor lineal		X			<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar óxidos - Lijar - Pintar
Placa motor base				X	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar Epoxi - Retirar potenciómetro y engranes - Diseñar nueva placa corrigiendo distancias de engranes
Acople soporte motor base				X	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar pasadores y tornillos - Diseñar nuevo acople corrigiendo centros de tornillos
Soporte potenciómetro brazo 2	X				<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar soporte para el segundo potenciómetro que contiene una caja reductora y su respectivo acople
Placas brazo 1		X			<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un nuevo brazo para reducir el peso del mismo.



Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Control



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Sistema/ Subsistema	Faltante	Estado actual			Acciones a tomar
		Bueno	Regular	Malo	
Tablero de control				X	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar de acuerdo a los elementos a ocupar - Cambio de cables de conexión - Ventilación - Etiquetado de cables
Carcasa			X		<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar una caja en la cual circule el aire y evite el sobrecalentamiento de los componentes - Realizar perforaciones para ingreso y salida de cables con sus respectivos acoples - Eliminar cinta doble faz y siliconas para fijar componentes
Doble fondo				X	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar canaletas para pasar cables - Comprobar el funcionamiento de los componentes - Reemplazar elementos dañados
Componentes electrónicos				X	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar placas y separarlas para evitar una conexión a tierra
Canaletas	X				<ul style="list-style-type: none"> - Medir y cortar las canaletas - Instalar con tornillos autoperforantes
Cableado				X	<ul style="list-style-type: none"> - Cablear los componentes de las borneras a los circuitos impreso - Etiquetar los cables
Riel DIN 35	X				<ul style="list-style-type: none"> - Cortar el Riel Din - Biselar para evitar aristas vivas - Instalar en el doble fondo con tornillos autoperforantes
Fusible	X				<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar el consumo energético - Adquisición de fusible
Borneras	X				<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir borneras - Instalación con topes y tierras en el riel



Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Control

Elemento o pieza	Decisión		Observaciones
	Adquisición	Construcción	
Electroimán	X		Se procede a la compra de 2 electroimanes de 24 V
Caja de control	X		Se necesita una caja de 60 cm de alto
Canaletas	X		
Riel DIN	X		
Borneras	X		
Ventilador	X		
Acople Soporte motor lineal		X	Será construido mediante FDM en un plástico ABS
Placa motor base		X	Será construido mediante FDM en un plástico ABS
Acople soporte motor base		X	Será construido mediante FDM en un plástico ABS
Acople caja reductora		X	La caja reductora necesita mantenerse fija para sensar con el potenciómetro en su extremo la posición

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Control

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Dimensionamiento y selección de componentes faltantes

Control

Introducción

Marco teórico

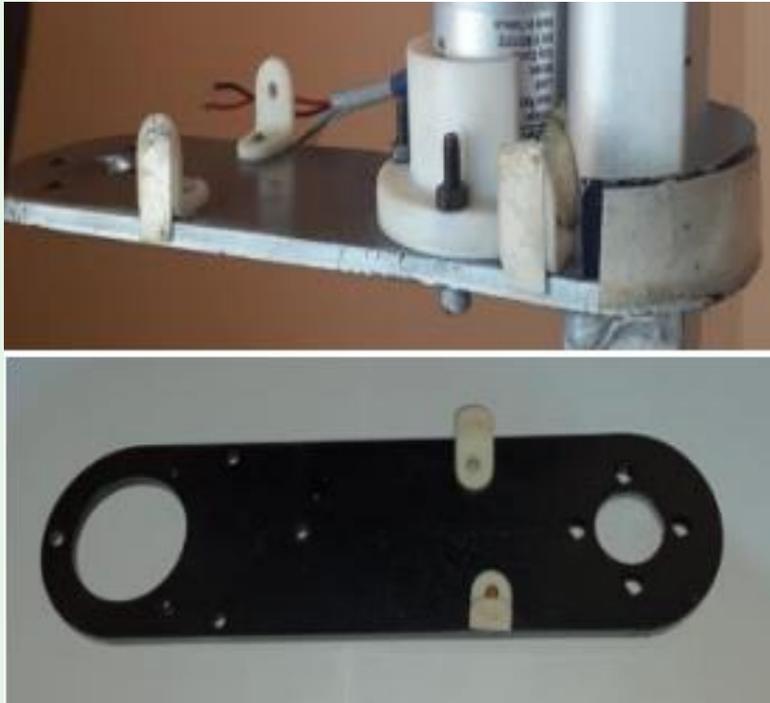
Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Requerimientos cliente

Nº	Requerimiento
1	Medida acorde a la celda actual
2	Mínimo trabajo físico
3	Facilidad de uso
4	Duración a través del tiempo
5	Fácil mantenimiento
6	Alimentación constante y continua

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Requerimientos técnicos

Nº	Requerimiento
1	Funcionamiento en conjunto
2	Proceso óptimo
3	Detección de material
4	Diseño y construcción de ingeniería
5	Compatible con ROS
6	Espacio y presupuesto

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Despliegue de la Función de Calidad

Símbolo	Descripción	Valor
⊖	Relación fuerte	9
○	Relación moderada	3
▲	Relación débil	1
	Ninguna	0

Símbolo	Descripción
+	Correlación Positiva Fuerte
++	Correlación Positiva
-	Correlación Negativa
	Ninguna

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Despliegue de la Función de Calidad

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Requerimientos Funcionales		Dirección de mejora					
		▲	X	▲	X	X	▼
Requerimientos Cliente	Importancia	Funcionamiento en conjunto	Proceso óptimo	Detección de material	Diseño y construcción de ingeniería	Compatible con ROS	Espacio y presupuesto
Medida acorde a la celda actual	10	○			○		○
Mínimo trabajo físico	6	▲	○		▲		
Facilidad de uso	7	○	○		○	○	
Duración a través del tiempo	8				○		○
Fácil mantenimiento	5		▲		○	○	○
Alimentación constante y continua	9	○	○	○			▲
Importancia Técnica		84	149	81	174	36	186
Peso relativo		22.2	13.3	17.7	17.7	8.8	20
Dificultad		6	5	8	5	7	9
Incidencia		10.7	15.8	13.8	18.5	5.3	35.6



La casa de la calidad (QFD)

Despliegue de la Función de Calidad

Características técnicas	% Incidencia
Funcionamiento en conjunto	10.7%
Proceso óptimo	15.8%
Detección de material	13.8%
Diseño y construcción de ingeniería	18.5%
Compatible con ROS	5.3%
Espacio y presupuesto	35.6%

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Subsistemas para el desarrollo del proyecto

Nº	Módulo	Subsistema	Función
1	Robot SCARA	Cinemática y Dinámica del Robot	Movimiento y posicionamiento del Robot
2	Sistema dispensador de material	Diseño y Construcción Mesa alimentadora Detección de material	Control de piezas entrante a la celda Retroalimentación del estado de la alimentación
3	Sistema de transporte	Velocidad de banda	Control velocidad de piezas
4	Control	Visión Artificial Trabajo Colaborativo entre robots	Detectar objetos, color y forma Trabajo sincronizado de robots
5	HMI	Interfaz Gráfica	Control, supervisión de los valores obtenidos

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

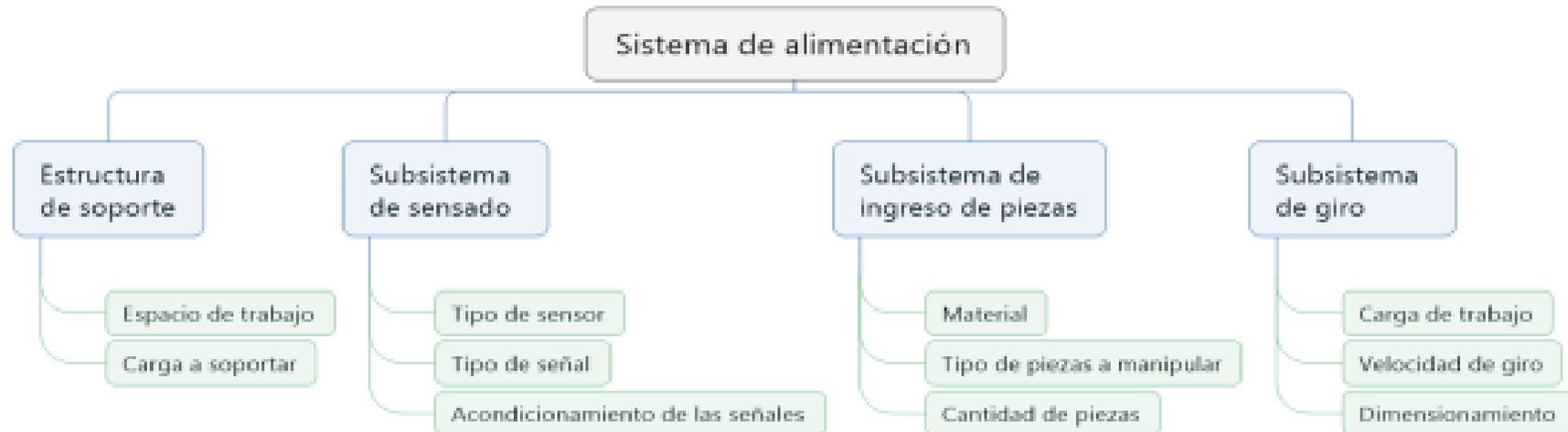
Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Subsistemas para el desarrollo del proyecto



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Banda transportadora

Criterio	Ponderación	Sistema de banda transportadora		Distribución por caída	
		Ca	Ep	Ca	Ep
Durabilidad	50%	5	2.5	3	1.5
Facilidad de manufactura	30%	1	0.3	5	1.5
Costo	20%	1	0.2	5	1
Total			3.1		4

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Estructura de soporte

Criterio	Ponderación	Estructura de madera		Estructura metálica empernada		Estructura metálica soldada	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Facilidad de ensamble	30%	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Estabilidad	10%	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Resistencia	40%	3	1.2	5	2	5	2
Costo	20%	5	1	4	0.8	4	0.8
Total			3.4		4.5		4.8

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas BASE

Criterio	Ponderación	Base de MDF		Base de aluminio		Base de hierro negro	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Facilidad de manufactura	30%	5	1.5	4	1.2	3	0.9
Peso	40%	5	2	4	1.6	2	0.8
Costo	10%	5	0.5	2	0.2	2	0.2
Resistencia	20%	3	0.6	4	0.8	5	1
Total			4.6		3.8		2.9

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Subsistema de sensado

Criterio	Ponderación	Sensor capacitivo		Sensor inductivo		Sensor ultrasónico	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Precisión	30%	5	1.5	5	1.5	5	1.5
Rapidez en la respuesta	20%	5	1	5	1	5	1
Distancia de detección	10%	3	0.3	3	0.3	5	0.5
Costo	10%	3	0.3	4	0.4	5	0.5
Detección sólo de metales	30%	1	0.3	5	1.5	1	0.3
Total			3.4		4.7		3.8

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Interruptor fin de carrera

Criterio	Ponderación	Interruptor fin de carrera		Sensor de efecto Hall		Sensor ultrasónico	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Detección de la posición de interés	50%	4	2	3	1.5	2	1
Rapidez en la respuesta	40%	4	1.6	5	2	5	2
Costo	10%	5	0.5	4	0.4	4	0.4
Total			4.1		3.9		3.4

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Subsistema de ingreso de material

Criterio	Ponderación	Piezas en aluminio		Piezas en hierro		Piezas impresas en PLA	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Durabilidad	40%	5	2	5	2	4	1.6
Facilidad de manufactura	40%	3	1.2	3	1.2	5	2
Costo	20%	2	0.4	3	0.6	5	1
Total			3.6		3.8		4.6

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Subsistema de giro

Criterio	Ponderación	Motor DC con caja reductora		Motor a pasos		Motor brushless	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Facilidad de control	30%	5	1.5	4	1.2	4	1.2
Facilidad de acondicionamiento mecánico	20%	5	1	4	0.8	4	0.8
Torque proporcionado	30%	4	1.2	4	1.2	5	1.5
Costo	20%	5	1	4	0.8	3	0.6
Total			4.7		4		4.1

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas

Acople motor

Criterio	Ponderación	Acople en aluminio		Acople en hierro		Acople impreso en PLA	
		Ca	Ep	Ca	Ep	Ca	Ep
Durabilidad	50%	5	2.5	5	2.5	3	1.5
Facilidad de manufactura	30%	4	1.2	3	0.9	5	1.5
Costo	20%	4	0.8	3	0.6	5	1
Total			4.5		4		4

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Matriz de evaluación para las opciones presentadas
Sistema dispensador de alimento



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Análisis de esfuerzos y desplazamientos Acople

Introducción

Marco teórico

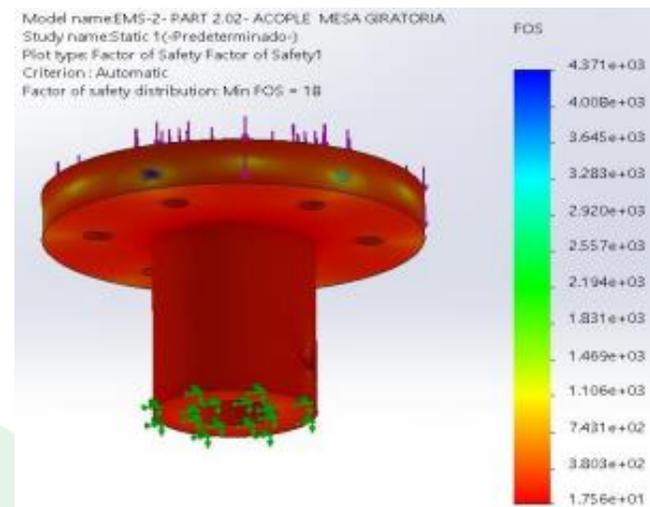
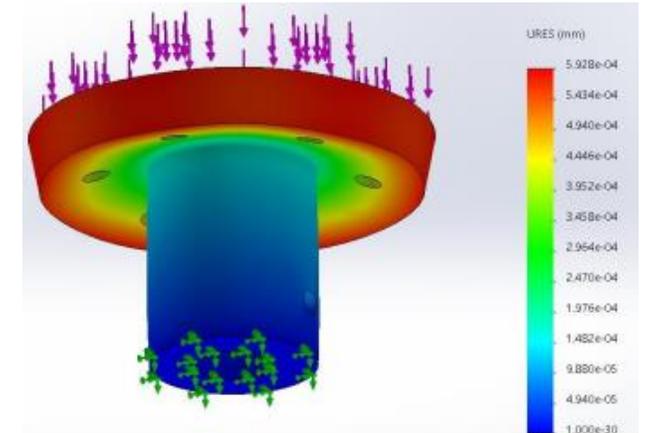
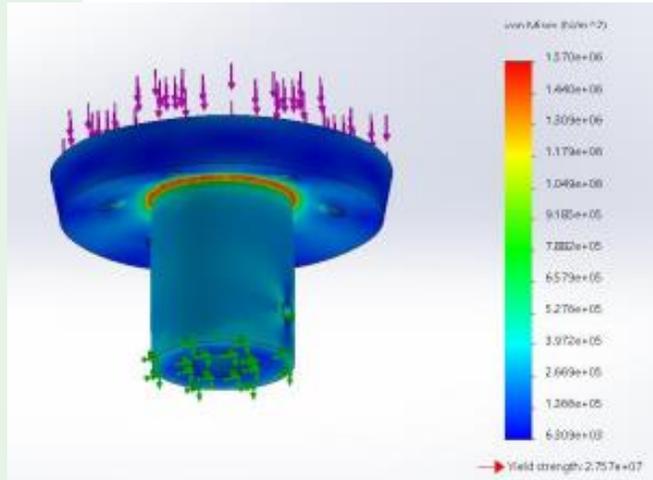
Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Análisis de esfuerzos y desplazamientos base

Introducción

Marco teórico

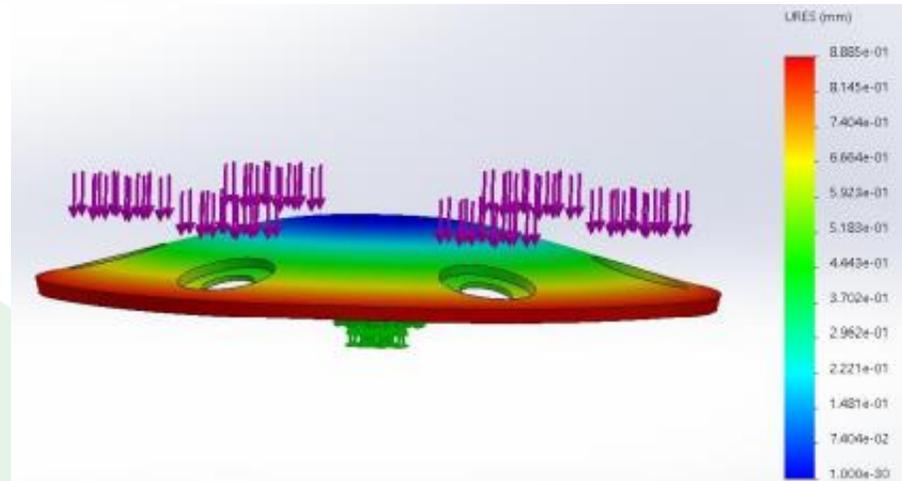
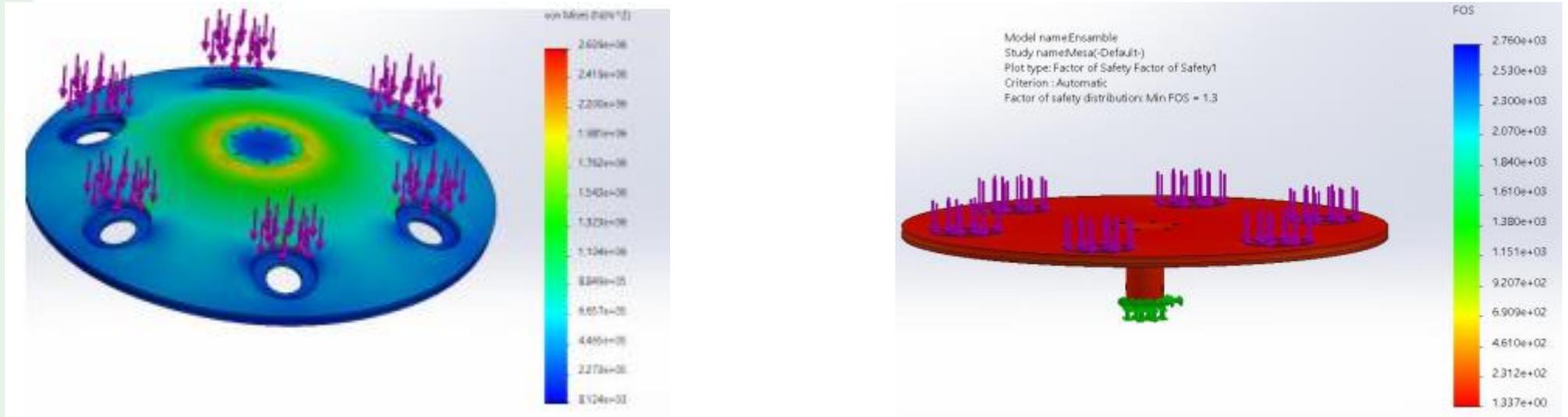
Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Análisis de esfuerzos y desplazamientos Estructura de soporte

Introducción

Marco teórico

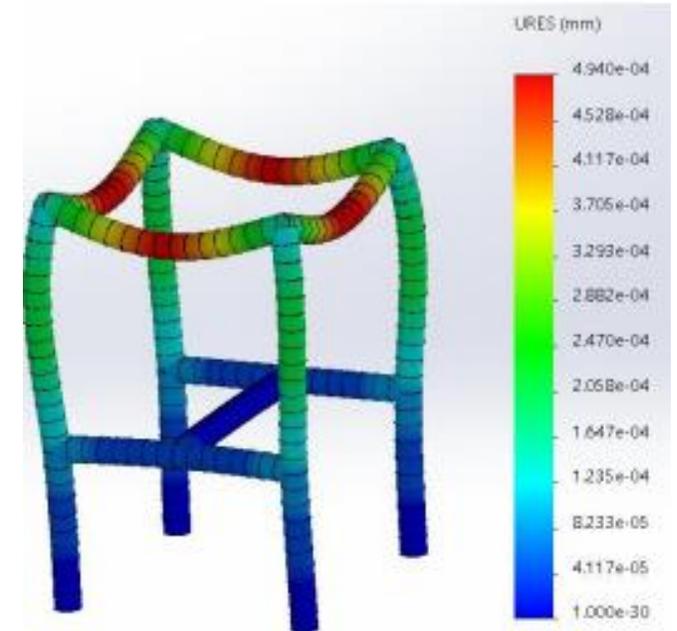
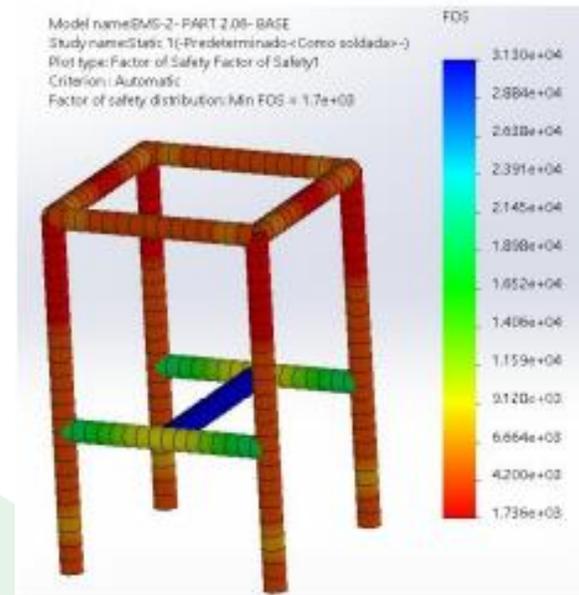
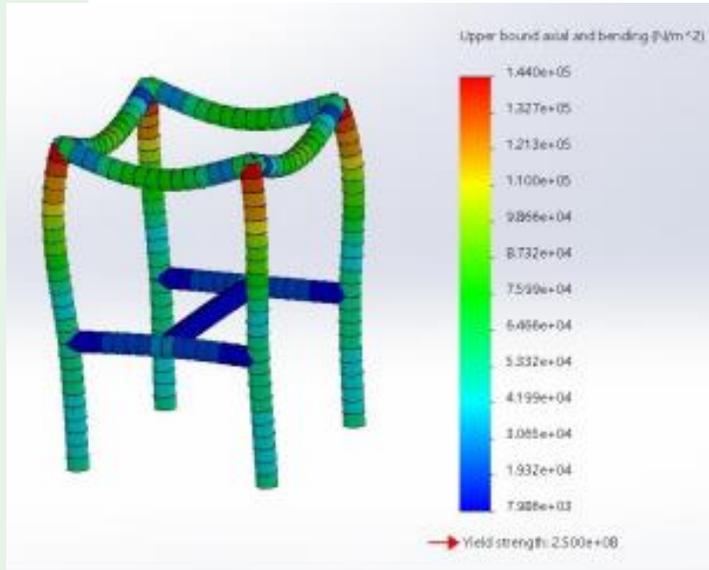
Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Análisis de esfuerzos y desplazamientos

Introducción

Marco teórico

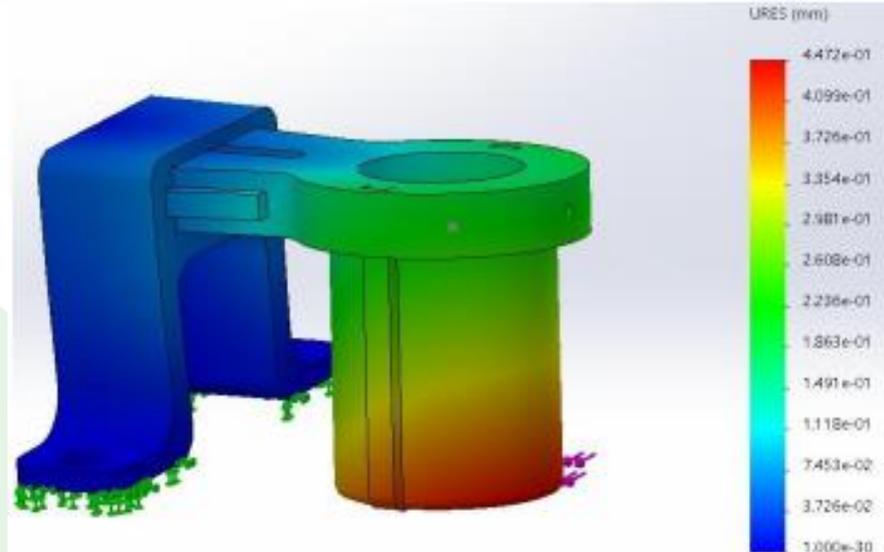
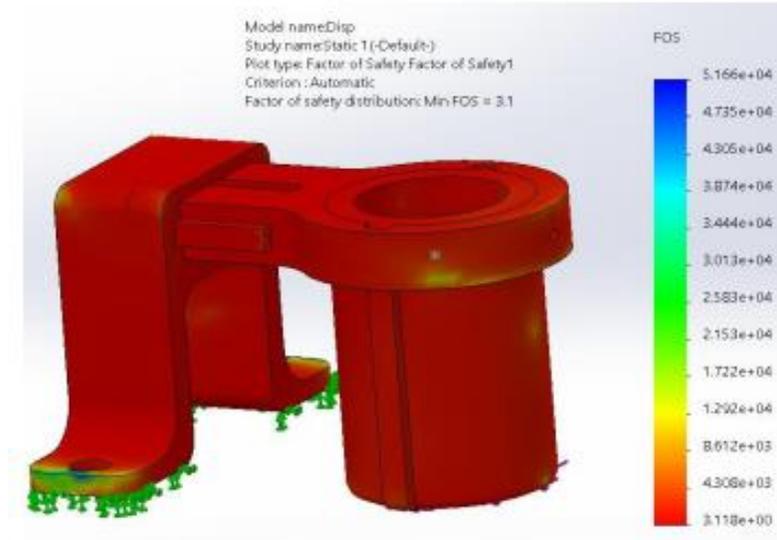
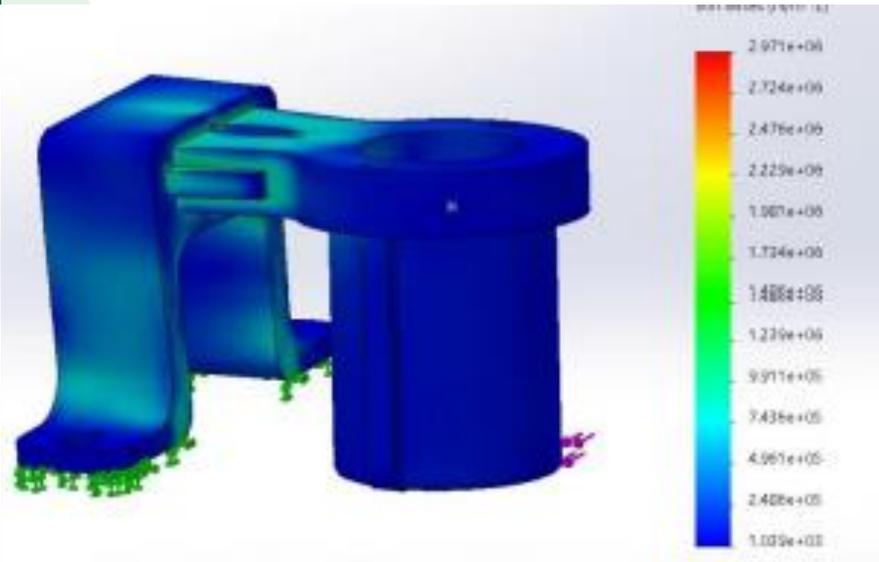
Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

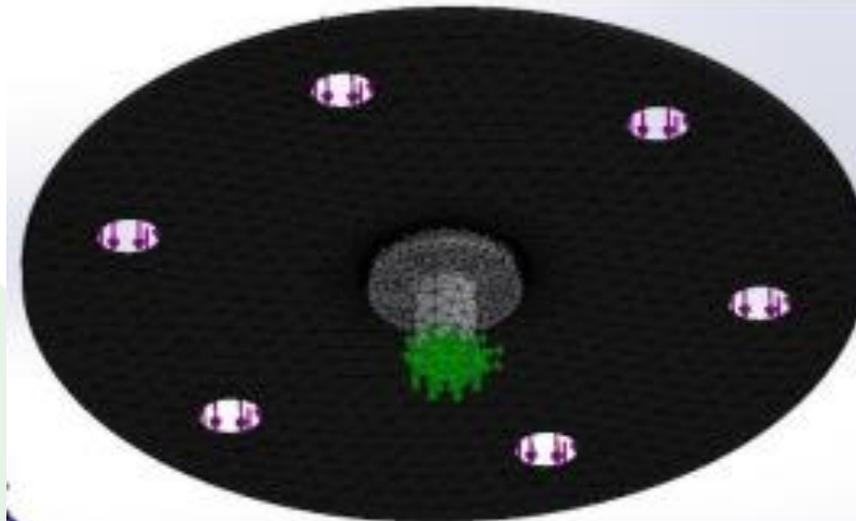
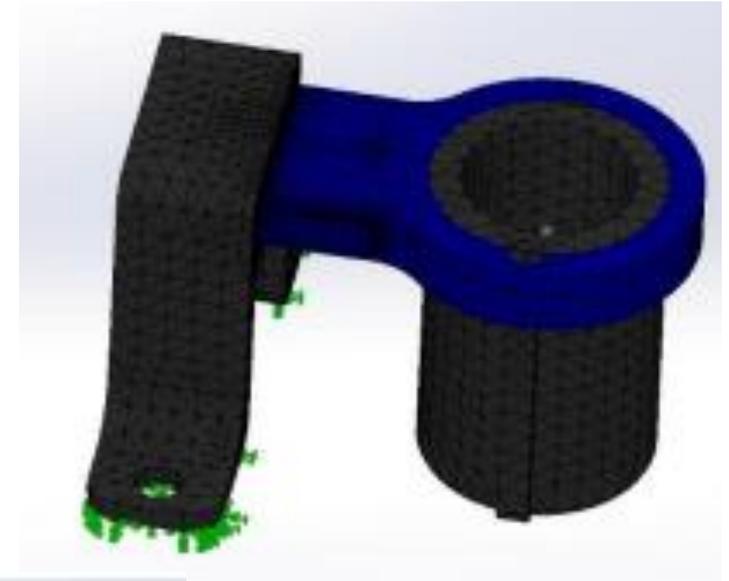
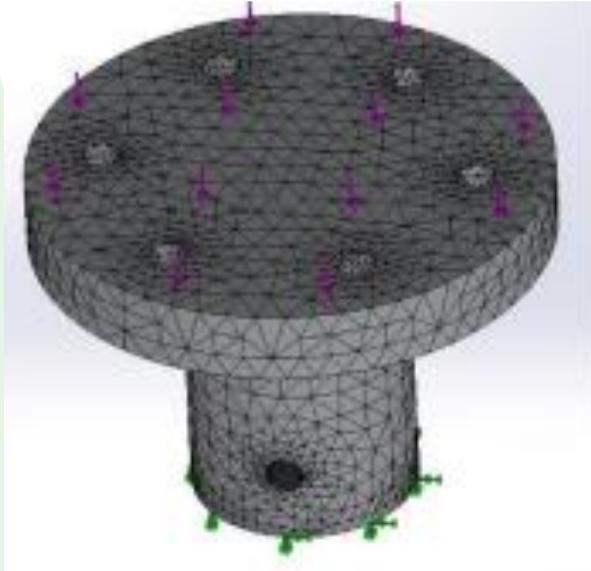
Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Validación de diseño



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

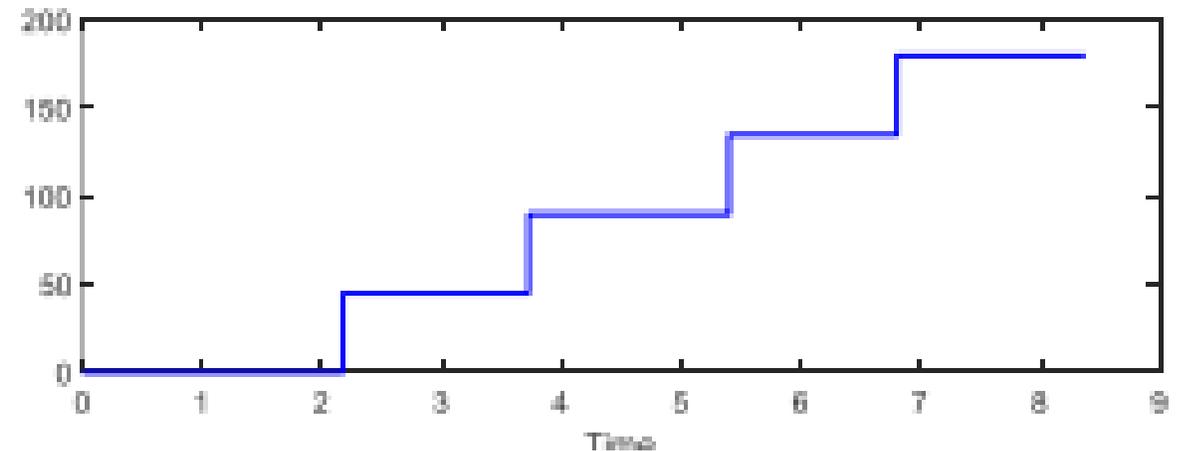
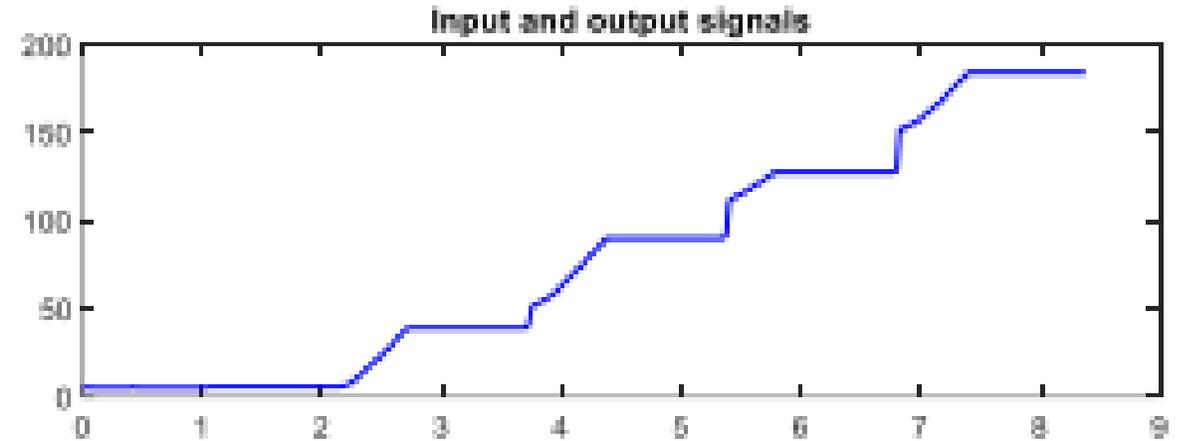
Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

La casa de la calidad (QFD)

Modelado de plantas



$$F(s) = \frac{1.267 \cdot 10^4}{s^2 + 3370s + 1.281 \cdot 10^4}$$

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Modelado de plantas

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

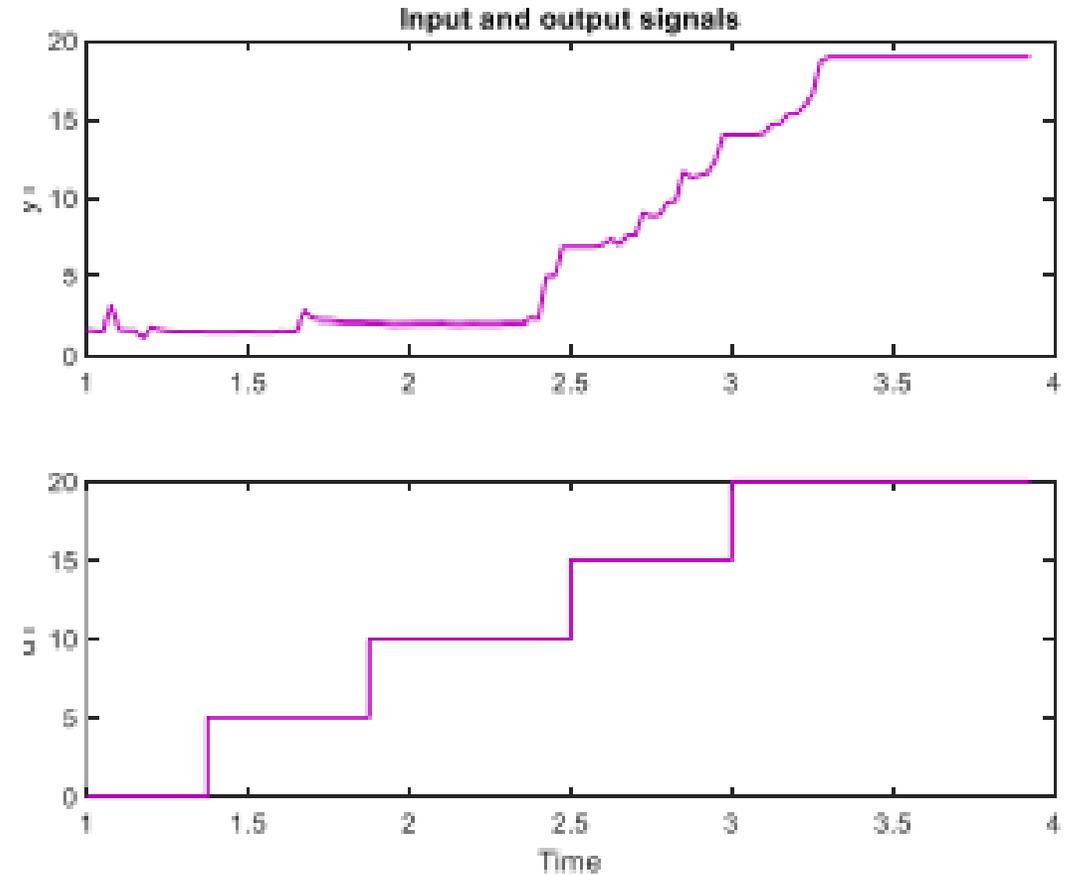
Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



$$\frac{2.806s + 0.7092}{s^3 + 3.823s^2 + 3.196s + 0.4263}$$





La casa de la calidad (QFD)

Modelado de plantas

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Motor	Función de transferencia	Aproximación
Articulación 1 (Q1)	$\frac{12670}{s^2 + 3370s + 12810} \quad (4)$	91.06%,
Articulación 2 (Q2)	$\frac{1319s + 1243}{s^3 + 415.08s^2 + 1956s + 1145} \quad (5)$	91.06%,
Articulación 3 (Q3)	$\frac{2.806s + 0.7092}{s^3 + 3.823s^2 + 3.196s + 0.4263} \quad (6)$	75.58%
Motor Mesa	$\frac{20.34s + 118.6}{s^2 + 13.39 + 45.75} \quad (7)$	77.67%
Motor Banda	$\frac{20.34s + 118.6}{s^2 + 13.39 + 45.75} \quad (8)$	77.67%



La casa de la calidad (QFD)

Diagrama unifilar de los robots SCARAs

Introducción

Marco teórico

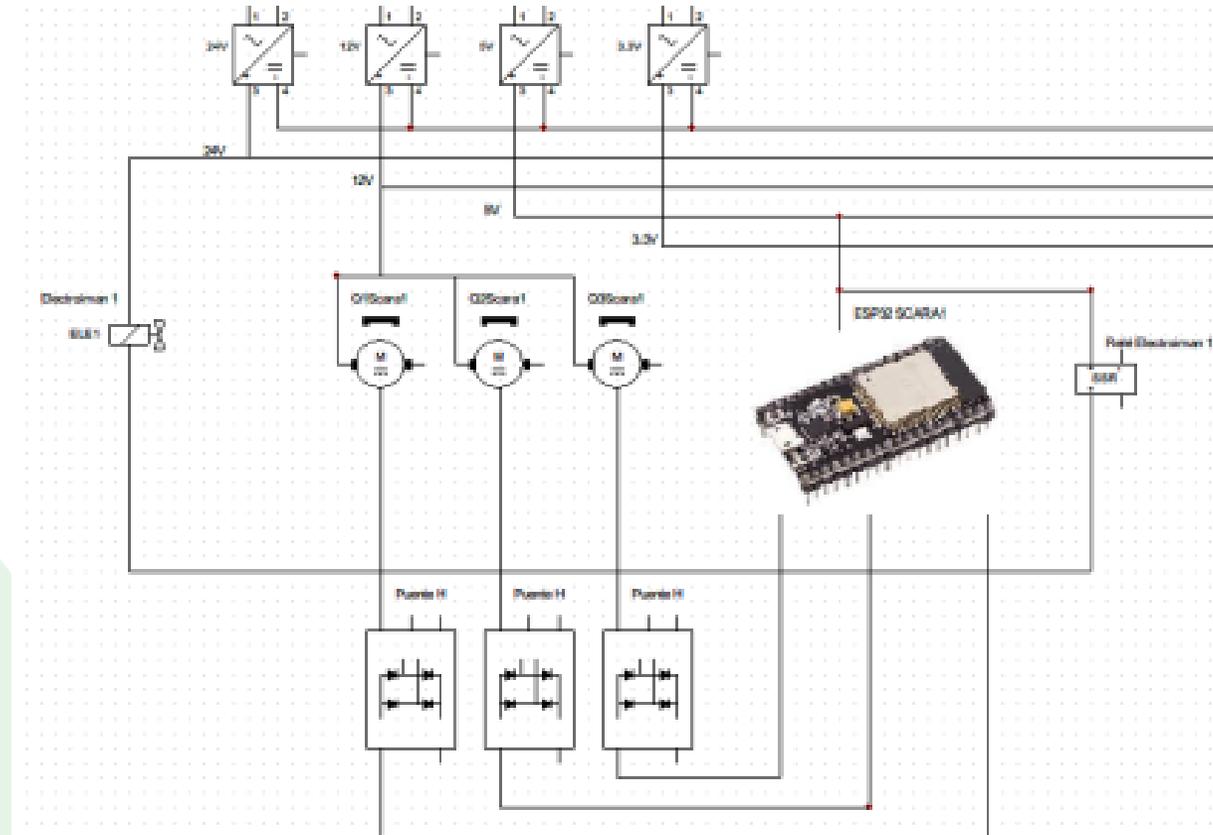
Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Esquema de la banda transportadora

Introducción

Marco teórico

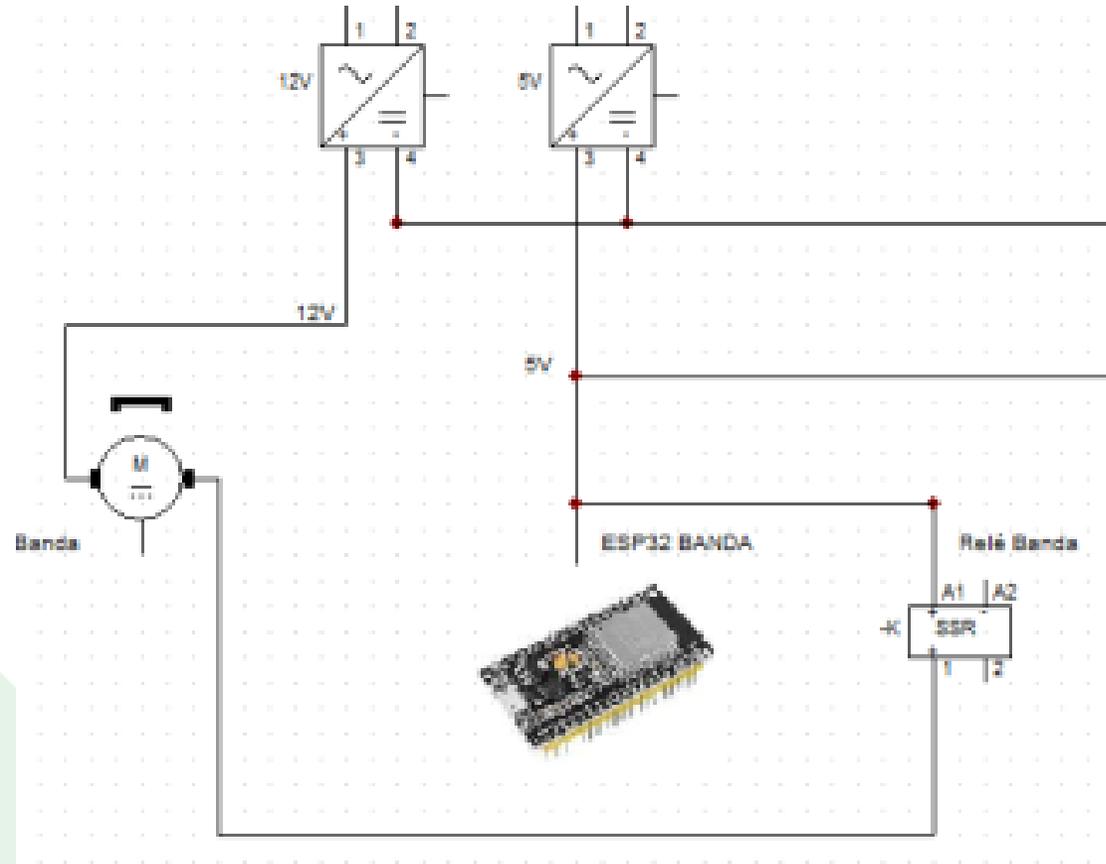
Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

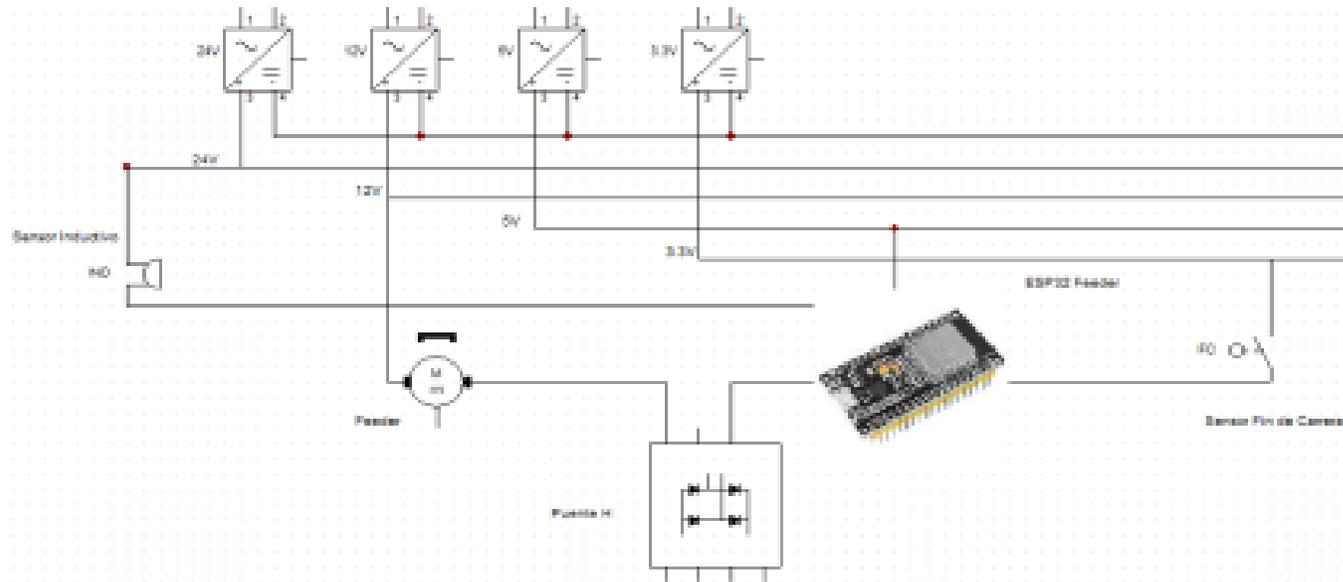
Recomendaciones





La casa de la calidad (QFD)

Diagrama unifilar del sistema dispensador



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

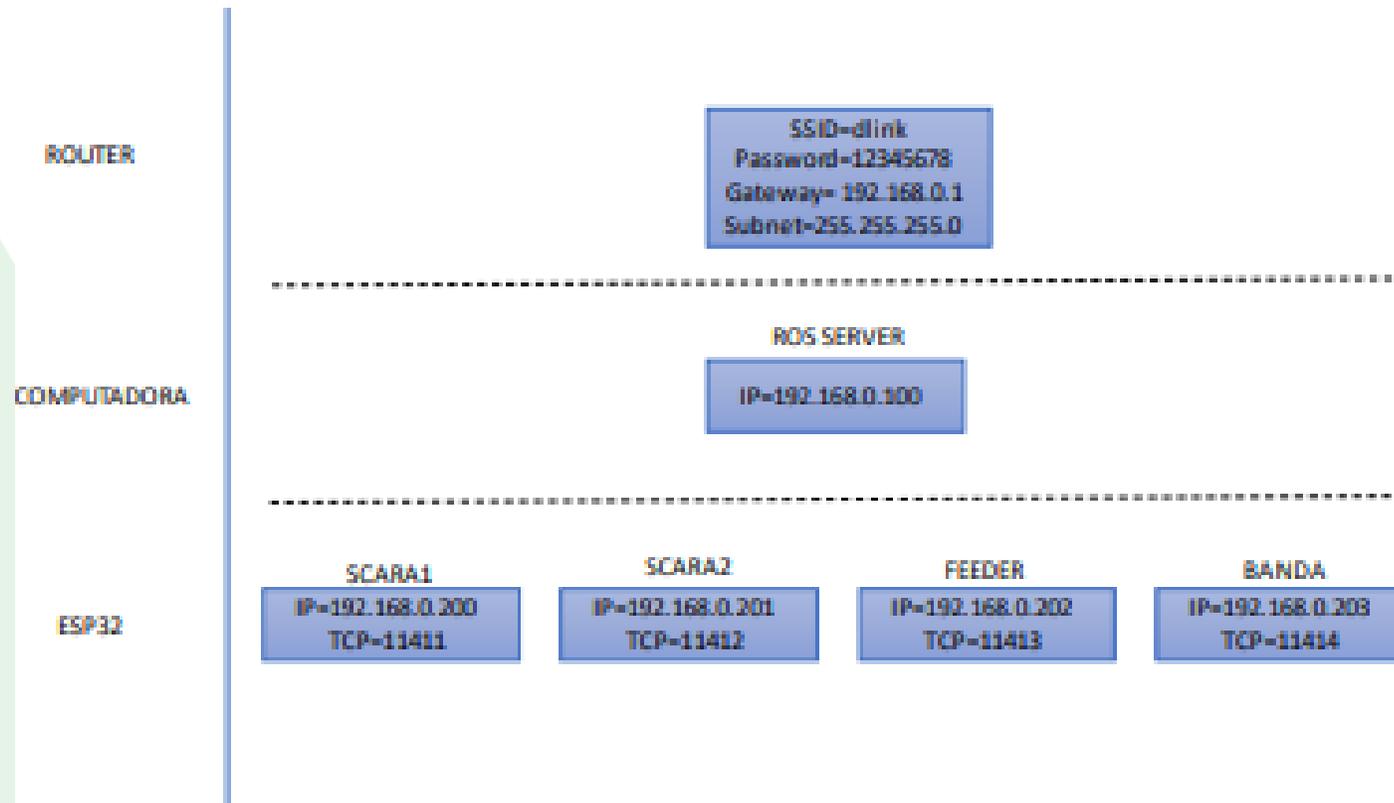
Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Esquema de configuraciones de red



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

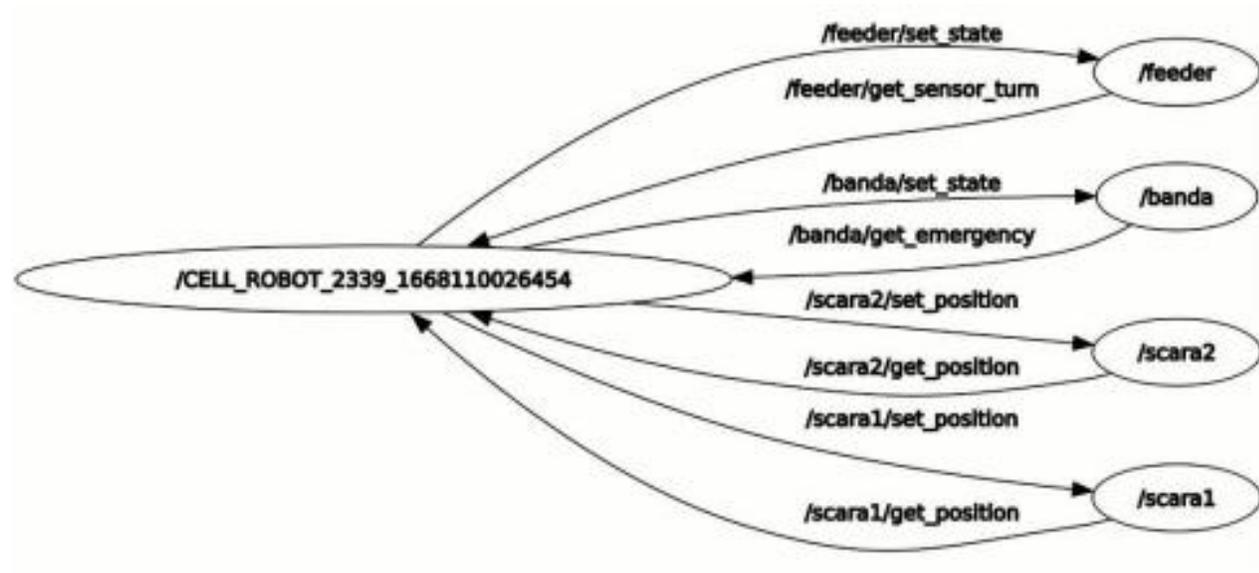
Esquema de configuraciones de red

/scara1

/scara2

/feeder

/banda



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

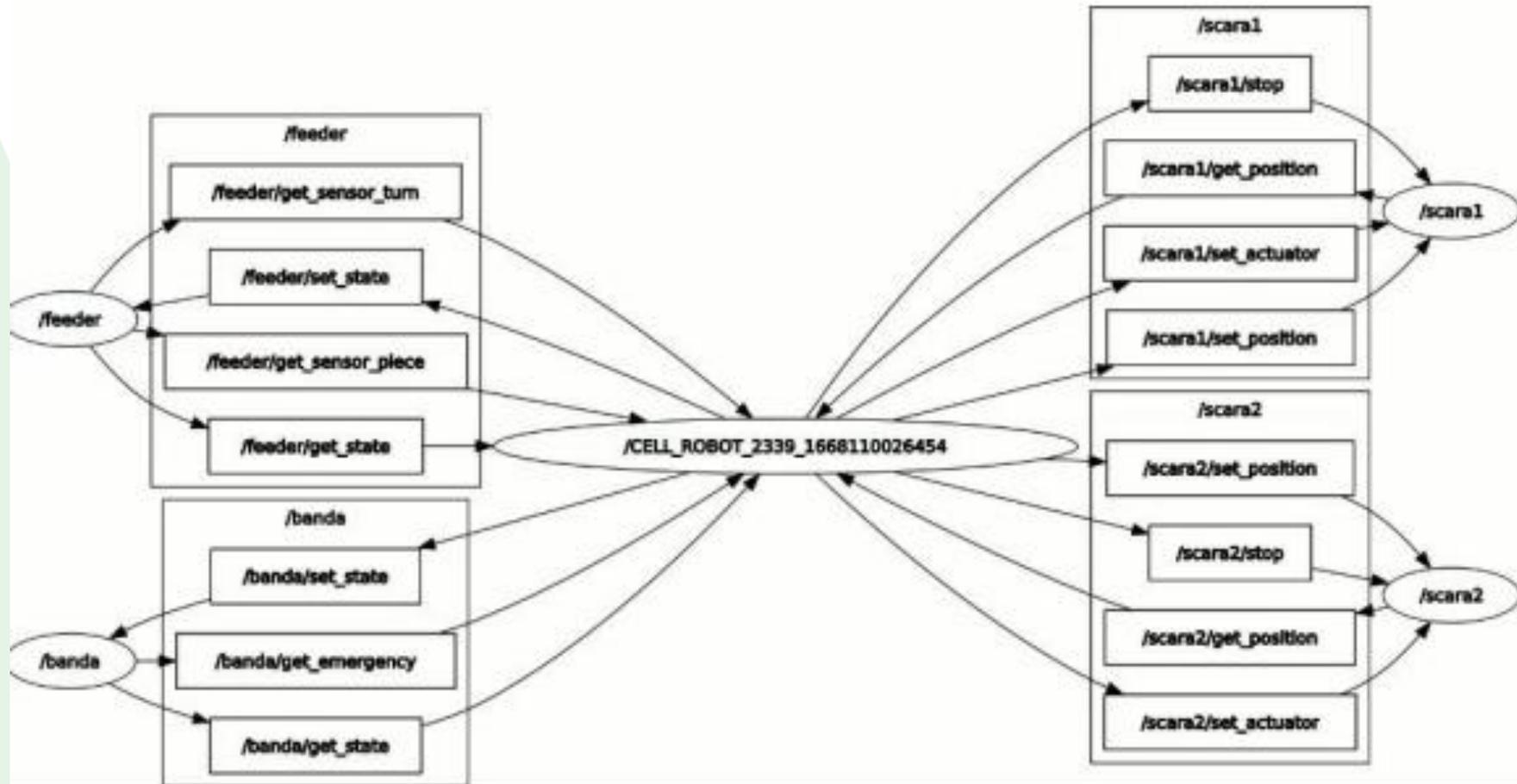
Conclusiones

Recomendaciones



La casa de la calidad (QFD)

Esquema de configuraciones de red



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Desarrollo de la Repotenciación

Reacondicionamiento Mecánico

- Vulcanizado de rodillos para las etapas de arrastre y expulsión
- Reacondicionamiento de las puertas
- Diseño, construcción e implementación de una cubierta para el sensor de contraste
- Diseño, construcción e implementación de un soporte para el sensor de material
- Diseño, construcción e implementación de un mecanismo de posicionamiento para el sensor de producto
- Mantenimiento preventivo a los sistemas de transmisión de movimiento etapas de arrastre y expulsión.
- Mantenimiento correctivo al sistema de cuchillas del cabezal de corte
- Rediseño del formador para la manga de etiquetas

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas y Resultados

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

GDL	Ángulo	GDL	Ángulo	GDL	Ángulo
Q1	180	Q1	90	Q1	135
Q2	45	Q2	180	Q1	45
Q1	45	Q1	180	Q1	90
Q1	135	Q2	90	Q2	180
Q2	135	Q2	45	Q2	90
Q2	180	Q2	135	Q2	45
Q1	45	Q2	90	Q1	180
Q1	90	Q2	135	Q1	135



Pruebas y Resultados

Tabla de recolección de datos para muestreo

GDL	Ángulo teórico	Medición de voltaje	Ángulo medido	Error absoluto	Error porcentual	GDL	Ángulo teórico	Medición de voltaje	Ángulo medido	Error absoluto
Q1	180	2.500	174.212	5.788	3.216	Q1	90	1.314	85.499	4.501
Q2	45	0.534	38.977	6.023	13.385	Q2	180	1.815	182.160	2.160
Q1	45	0.780	45.612	0.612	1.359	Q1	180	2.503	174.445	5.555
Q1	135	1.879	127.795	7.205	5.337	Q2	90	1.071	99.055	9.055
Q2	135	1.472	143.858	8.858	6.562	Q2	45	0.668	53.942	8.942
Q2	180	1.812	181.837	1.837	1.021	Q2	135	1.428	138.957	3.957
Q1	45	0.852	50.939	5.939	13.197	Q2	90	1.088	100.971	10.971
Q1	90	1.314	85.499	4.501	5.001	Q2	135	1.511	148.247	13.247

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas y Resultados

Tabla de recolección de datos para muestreo

GDL	Ángulo teórico	Medición de voltaje	Ángulo medido	Error absoluto	Error porcentual
Q1	135	2.065	141.727	6.727	4.983
Q1	45	0.858	51.422	6.422	14.270
Q1	90	1.339	87.384	2.616	2.907
Q2	180	1.935	195.639	15.639	8.688
Q2	90	1.060	97.819	7.819	8.688
Q2	45	0.655	52.589	7.589	16.865
Q1	180	2.495	173.816	6.184	3.435
Q1	135	2.046	140.306	5.306	3.930

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas y Resultados

Introducción

Marco teórico

Metodología

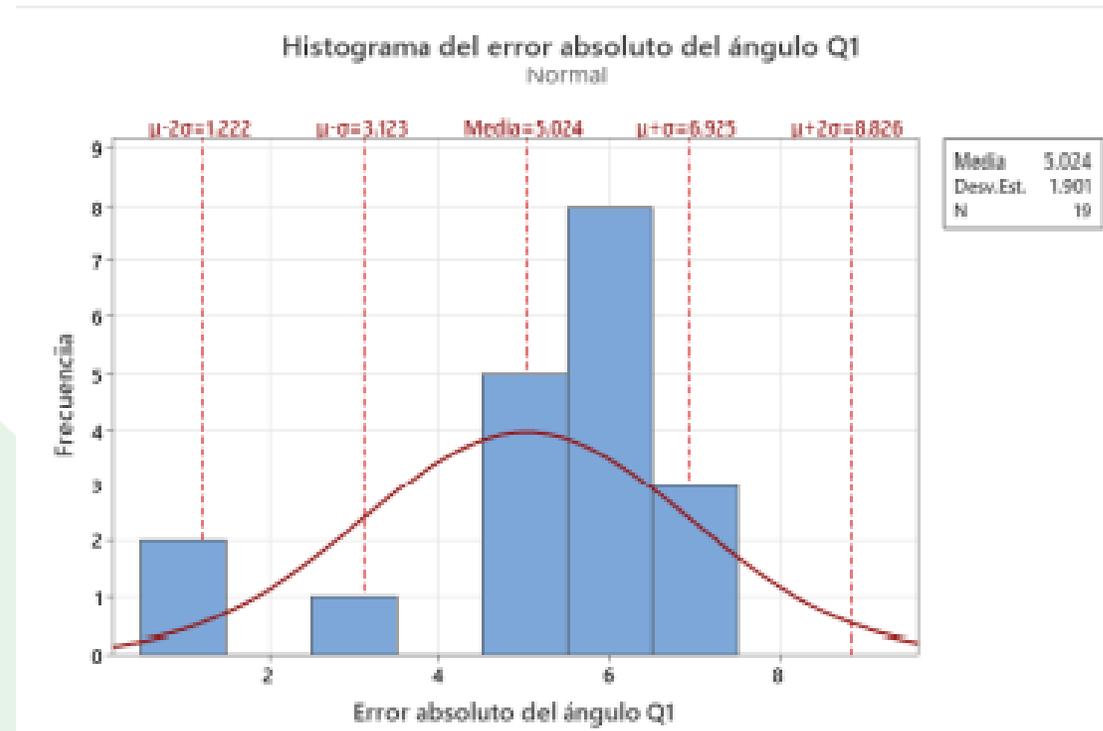
Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est	Varianza	Minimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
Error	6.561	0.711	481	12.119	0.612	4.501	6.104	8.599	15.639	5.027





Pruebas y Resultados

Pruebas preliminares

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Matriz de observación

Clase	Medidas				Resultados %				
	TP	TN	FP	FN	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud	Precisión	Precisión Ge
Rojo	70	70	1	2	97.22	98.59	97.90	98.58	95.89
Azul	70	70	2	1	98.59	97.22	97.90	97.22	95.89



Pruebas y Resultados

Pruebas de producción

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

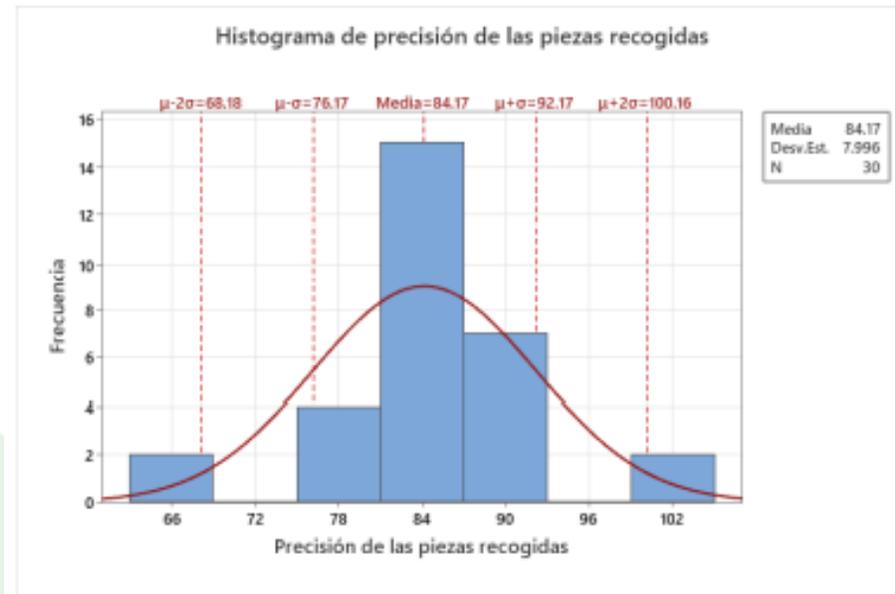
Pruebas y Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Variable	Conteo total	Media	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
Error de clasificación	360	84.17	8	9.5	66.67	83.33	83.33	91.67	100	33.33

Histograma de la precisión de las piezas recogidas





Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se implementó una celda inteligente de trabajo colaborativo; para clasificación de productos mediante la repotenciación dos robots SCARAs, sistema de transporte e implementación de un sistema de dispensación de material, el cual usa un sistema de visión artificial realiza la detección y reconocimiento de objetos.
- Se evaluó el estado de los elementos de cada SCARA y banda transportadora, para luego tomar diferentes acciones para el correcto funcionamiento de la celda, en el subsistema de pick and place en los elementos SCARA se realizó la construcción de 8 piezas, compra de 1 elemento faltante; en el subsistema de control en el elemento tablero de control se adquirió 5 elementos también se realizó el diseño y fabricación de 3 elementos



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó un control ON/OFF; para el encendido y apagado de la banda, el cual fue implementado con un módulo manual de control de la velocidad de motores DC con PWM, para controlar y variar la velocidad de la banda cuyo rango de velocidad varía entre 5.31 cm s y 8.13 cm s valores promedio, realizando las debidas consideraciones del amperaje que necesitaba el motor para su óptima operación.
- Se realizó, el diseño e implementación de un sistema de alimentación para la celda, el cual, usó metodología de la QFD (Casa de la calidad) para la selección de la cada uno de los elementos mecánicos y eléctricos necesarios, Además, el sistema cuenta con sensores para la detección de material.



Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se implementó un sistema de visión artificial, utilizando el Algoritmo de Rodríguez para el posicionamiento de objetos y la regulación de la cámara, Además, se utilizó un algoritmo predictivo del lugar que ocuparía la pieza en un determinado tiempo para la recolección y clasificación de las piezas. Los cuales arrojaron una media de precisión de 84.17% con datos homogéneos y una distribución normal comprobada.
- Se realizó una HMI; para controlar y supervisar el proceso de la celda, usando la norma ISA 101, el cual consta de una ventana producción; para activar el proceso de clasificación de piezas de manera automática en la celda y verificar el estado de cada uno de los elementos, una ventana; para controlar de forma manual el movimiento cada uno de los elementos de la celda, una ventana donde se muestra la visión artificial y la detección de pieza indicando el posicionamiento. Por último, una pantalla estadística donde muestra los histogramas de los datos recolectados del proceso de clasificación.



Conclusiones

- Se realizaron las debidas pruebas de reconocimiento de piezas y clasificación de manera continua, obteniendo como resultado un 95.89% de precisión general y una exactitud de 97.90% y una fiabilidad de 97.22% y 98.59% en el modelado del algoritmo de la visión artificial y en la clasificación un 83% de efectividad en el proceso continuo a través de lotes.
- Se implementó una base de datos estable, multiplataforma de código gratuito que sea capaz de almacenar datos por minutos, horas, días, la cual es exportable en un solo archivo y sirve para la visualización de un histograma en el HMI, además es gratuita.

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Recomendaciones

- La celda inteligente tiene una buena precisión del 84.17% con un promedio de 15 segundo por pieza para clasificada. En la industria el proceso de clasificado necesita tener mayor velocidad por lo cual se recomienda implementar nuevos elementos que aporten a mejorar el los valores obtenidos.
- Se realizó la evaluación, el mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos del SCARAs y banda, se determinó que los actuadores, funcionan correctamente, pero están 192 próximo a cumplir la vida útil recomendada por los fabricantes, por lo que se recomienda implementar nuevos.

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Recomendaciones

- En la empresa de manufactura se ve; que los parámetros de operación son los más óptimos en tiempo y precisión, para que la celda se acerque a estos parámetros se recomienda, implementar sensores de mayor precisión dentro de los robots para poder e implementar; espacios de estados los cuales van a mejorar el control multivariable de los SCARAs y banda, de igual manera se recomienda realizar un diseño eléctrico de potencia el cual permita variar el PWM y poder controlar la velocidad de la banda.
- El sistema de alimentación de la celda se encuentra en optimo estado, pero, se recomienda implementarle un sistema visión artificial robusto para el control de las piezas y el estado en el que se encuentra.

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Recomendaciones

- La celda tiene valores de precisión y exactitud, que pueden tender a variar con el deterioro del tiempo, se recomienda hacer pruebas trimestrales, para poder evaluar el estado de la celda y así realizar un plan de mejoras.
- La base datos implementada es local, la cual permite obtener valores de manera real pero no remota. La mejora que se podría implementar hacer es: un sistema de base de datos en línea en el cual el usuario de manera remota pueda controlar y verificar el proceso de la celda

Introducción

Marco teórico

Metodología

Repotenciación

Pruebas y
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



GRACIAS POR SU ATENCIÓN