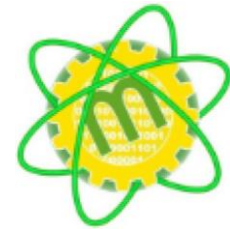




ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Trabajo de Titulación

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

TEMA:

Diseño e implementación de una celda de manufactura para la elaboración en serie de piezas industriales en fibra de carbono mediante deposición de material fundido en la empresa Inpronics Solutions de la ciudad de Latacunga.

AUTOR:

Corrales Vargas, Diego Paul

DIRECTOR:

Ing. Edwin Alejandro, Caizalitín Quinaluisa

LATACUNGA - 2023



CONTENIDO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE INTERFAZ

PRUEBAS Y RESULTADOS

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN

El presente proyecto de titulación aborda el diseño e implementación de una celda de manufactura para la elaboración en serie de piezas industriales en fibra de carbono mediante impresoras 3D FDM modificadas con elementos diseñados e impresos en el material Nylon X para que las mismas sean capaces de imprimir fibra de carbono. También se realiza la implementación de un manipulador robótico de 6 grados de libertad el cual se controla mediante un microcontrolador ESP8266 a través de una página WEB que llevará las piezas impresas a su depósito final donde permanecerán hasta alcanzar la temperatura ambiente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente INPRONIC SOLUTIONS cuenta con una impresora 3D PRUSA MK3 de manufactura aditiva con el uso de materiales estándar de pocas prestaciones mecánicas. El procedimiento desde la entrada de filamento, la orden de impresión del archivo – máquina, la supervisión y el retiro de las piezas finales se realizan por un operario que a más de ser encargado de las piezas impresas en 3D tiene otras labores en el área de producción, esto disminuye el índice de productividad, generando un déficit de ganancia para la empresa y en caso de presentarse fallas la materia prima se desgasta al no percatarse inmediatamente del error para corregirlo.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una celda de manufactura para la elaboración de piezas en fibra de carbono en serie mediante deposición de material fundido en la empresa INPRONIC SOLUTIONS en la ciudad de Latacunga.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

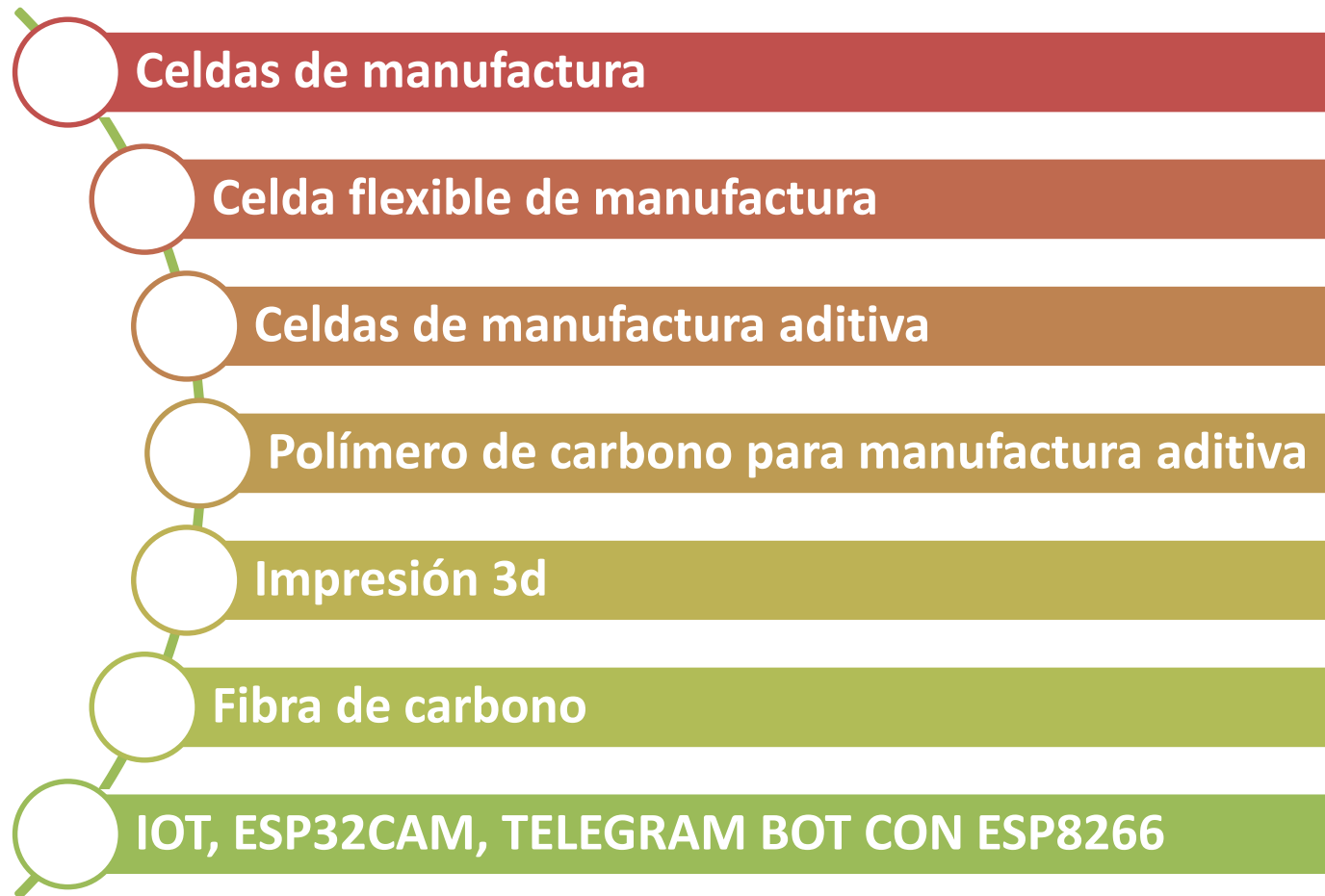
- Recopilar información acerca de los siguientes conceptos: tecnología de Ultimaker S5 Pro Bundle, sistema de intercambio e inyección de filamento, sistema de control de temperatura y humedad para filamentos especiales, características del filamento de fibra de carbono, brazo manipulador robótico.
- Realizar el diseño de la celda de manufactura en un programa CAD y elegir los materiales acordes a los planos generados.
- Repotenciar una impresora 3D base para su reconstrucción acorde a los parámetros requeridos para la celda, además de diseñar e implementar mejoras que permitan la impresión del filamento de fibra de carbono.



- Implementar un espacio de almacenamiento para el filamento de fibra de carbono para evitar el contacto con grasa y partículas de polvo y humedad mediante un sistema hermético.
- Diseñar en un entorno industrial la celda de manufactura previo a la implementación y modificar el brazo robótico open source para la implementación en la celda de manufactura y su control mediante una página WEB.
- Implementar una cámara para el monitoreo en tiempo real del proceso de la celda de manufactura con implementación de IOT para la visualización de los datos de temperatura de la celda y parada de emergencia.



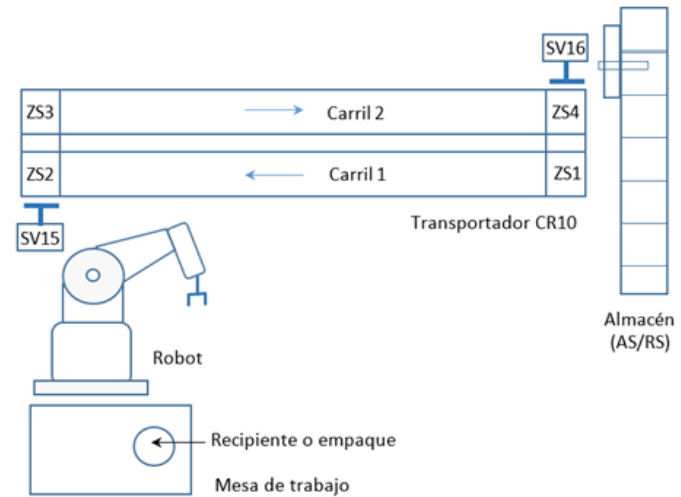
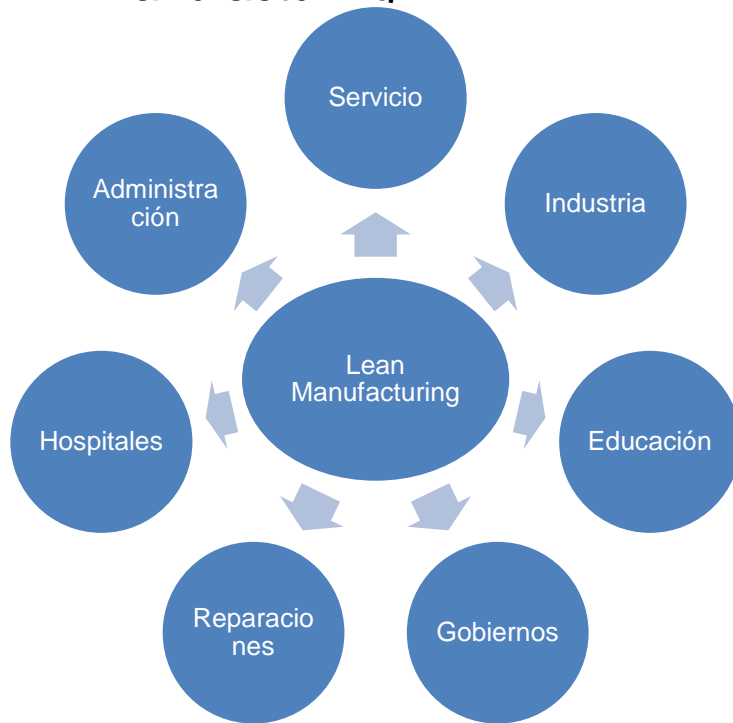
FUNDAMENTOS TEÓRICOS



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Celda de manufactura robotizada

Áreas de aplicación para Lean Manufacturing

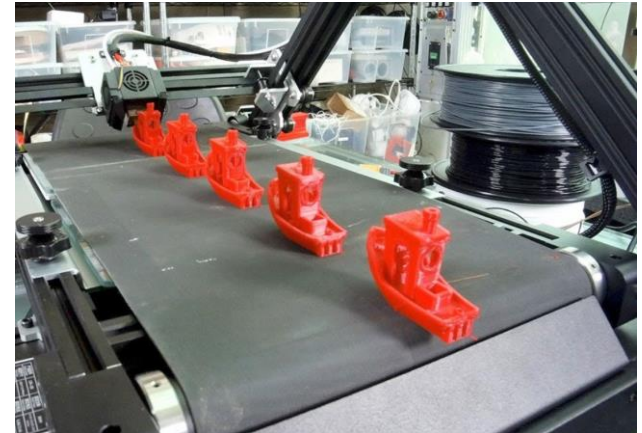


FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Celda de manufactura aditiva de la
empresa FORD



Sistema de manufactura aditiva



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Rollo de filamento de fibra de carbono



Lecho de impresión de una impresora



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

En primera instancia fue necesaria la adquisición de dos impresoras Ender 3 S1 cuyas características al momento de su compra fueron de fábrica. De todas sus características puntuales la más predominante e importante para el presente trabajo de investigación fue la temperatura del extrusor (240 °C). Sin embargo, fue ineludible efectuar una mejora que permita extruir filamento de mayor calidad (300°C). Por este motivo en particular fue preciso controlar las condiciones de la inyección (ambiente hermético de trabajo) mismo que por motivos de aplicación deberá ser controlado por un PID. De manera adicional se presentó otro inconveniente en el extrusor de calor, al momento de trabajar con una elevada temperatura el disipador de calor debió tener un mejor ventilador. Es importante señalar que las modificaciones (extrusor y ventilador) debieron poseer un material que resista gran exposición al calor como fue el caso del NylonX Carbon Fiber Filament de la empresa estadounidense MatterHackers; este material permite que el fusor no posea atascos. Por otro lado, el ventilador posee una doble capa. En una de ellas existe un doble canal que al momento de la imprimir la fibra de carbono se posiciona en el lugar exacto y, por ende, gane velocidad en la impresión.



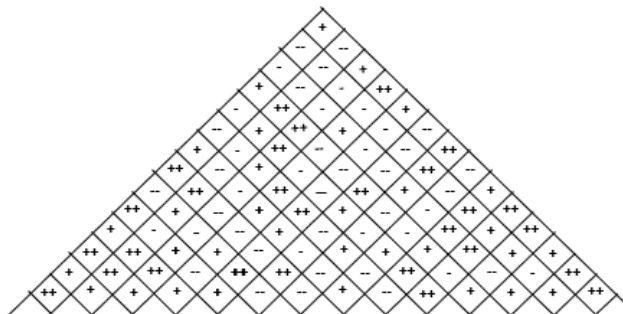
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Otro elemento a ser empleado en la celda de impresión, fue la colocación de un brazo robótico. Este se encargará de tomar la pieza terminada para colocarla en un receptáculo para este tipo de elementos, eliminando la intervención del humano a la hora de la impresión (temperatura de salida sea igual a la temperatura ambiente). El control del brazo robótico fue efectuado por un controlador o driver SP 8266 para Arduino. Es de suma importancia resaltar que la humedad fue controlada por medio de un proceso cíclico de conductos que transfieren el calor residual de proceso hacia el carrete de fibra de carbono. El control y monitoreo del proceso de impresión fue abordado por medio del driver ESP32CAM.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Desarrollo de la función de calidad o QFD

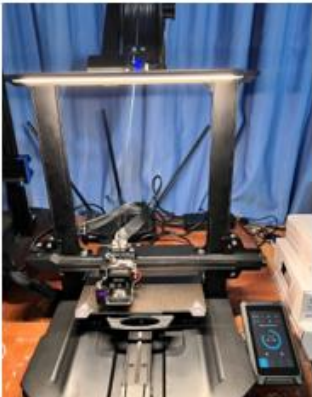


Núm.	Necesidades	Métricas Núm. Imp.	Estructura mecánica ligera	Mantenimiento preventivo y correctivo	Manual de usuario	Componentes eléctricos	Precisión de la impresión	Consumo efectivo de materia prima	Control de temperatura	Material del extrusor	Acabados	Componentes electrónicos y mecánicos de fácil	Calidad de los acabados	Disipación del calor residual	Tiempo de trabajo	Requisitos de producción	Costos adicionales de producción	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Tamaño	3	•	•	o	-	o	o	•	Δ	Δ	•	Δ	Δ	Δ	•	•	
2	Materiales base	5	o	•	•	o	•	•	•	•	•	•	•	•	o	•	•	
3	Sistema de enfriado	4	o	•	-	o	•	•	•	•	•	o	•	•	o	-	o	
4	Ajuste y monitoreo de temperatura	5	Δ	-	Δ	•	•	o	•	•	•	o	•	•	o	Δ	•	
5	Económico	4	o	Δ	•	Δ	•	•	o	o	Δ	•	•	-	o	-	o	
6	Automático	5	•	o	-	o	•	•	o	•	Δ	o	Δ	•	•	Δ	•	
7	Monitoreo del proceso	4	-	Δ	•	•	•	o	•	Δ	Δ	•	o	o	o	•	o	
8	Diseño multifuncional de piezas complejas	5	o	•	-	o	o	o	•	Δ	-	•	o	o	o	o	o	
9	Operación	4	o	•	Δ	•	Δ	o	•	Δ	Δ	•	o	Δ	o	Δ	o	
10	Mantenimiento	5	•	•	o	•	•	o	o	•	•	•	Δ	•	o	o	o	
11	Consumo energético	4	-	-	-	•	•	•	o	Δ	Δ	•	•	Δ	•	Δ	•	
12	Integridad Física del Personal	5	•	o	•	-	-	o	Δ	-	Δ	Δ	Δ	Δ	o	o	•	
13	Calidad del producto	4	•	o	o	o	o	o	•	•	•	•	o	Δ	•	•	•	
14	Correcta ubicación de elementos eléctricos y electrónicos	4	Δ	•	•	•	•	o	•	Δ	o	•	Δ	•	•	Δ	•	
15	Repuestos accesibles dentro del mercado	4	-	•	•	•	•	•	•	o	•	-	Δ	Δ	o	Δ	•	
16	Ventilación focalizada	4	Δ	o	•	o	o	•	Δ	•	•	Δ	•	•	•	•	Δ	
17	Adaptación a IoT	3	Δ	Δ	-	•	o	-	Δ	Δ	Δ	Δ	o	Δ	Δ	•	•	
Ponderación Absoluta			280	728	229	451	430	486	594	507	518	409	506	353	337	213	495	6536
Ponderación Relativa			4.28	11.14	3.50	6.90	6.58	7.44	9.09	7.76	7.93	6.26	7.74	5.40	5.16	3.26	7.57	100
Importancia Relativa			13	1	14	8	9	7	2	4	3	10	5	11	12	15	6	



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES



Estructura y definición de los componentes

ELEMENTO	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
Impresora Ender 3 s1		<ul style="list-style-type: none">• Área de construcción 220 x 220 x 270 mm• Temperatura máxima de la boquilla: 240 ° C• Temperatura máxima de cama caliente: 100 ° C• Nivelación automática de la cama CR-Touch• Placa base silenciosa de 32 bits• Interfaz preestablecida para grabado láser y luz LED• Doble eje Z para mayor seguridad y estabilidad• 96% preensamblado para un montaje rápido• Placa de impresión de acero para muelles de PC• Pantalla LCD de 4,3 pulgadas



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES



Estructura y definición de los componentes

ELEMENTO	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
Brazo Robótico		<ul style="list-style-type: none">• Brazo robótico de código abierto• Controlador Arduino de simple acoplamiento• Motor a pasos nema 23
Extrusor		<ul style="list-style-type: none">• Ruedas motrices grandes.• Palanca para tensar el filamento.• Palanca calibrada de 6 ajustes preestablecidos.• Relación de transmisión interna de 3:1• Dimensión en Z de 25mm• Extrusora Direct Dual-Gear "Sprite" de doble engranaje



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Estructura y definición de los componentes

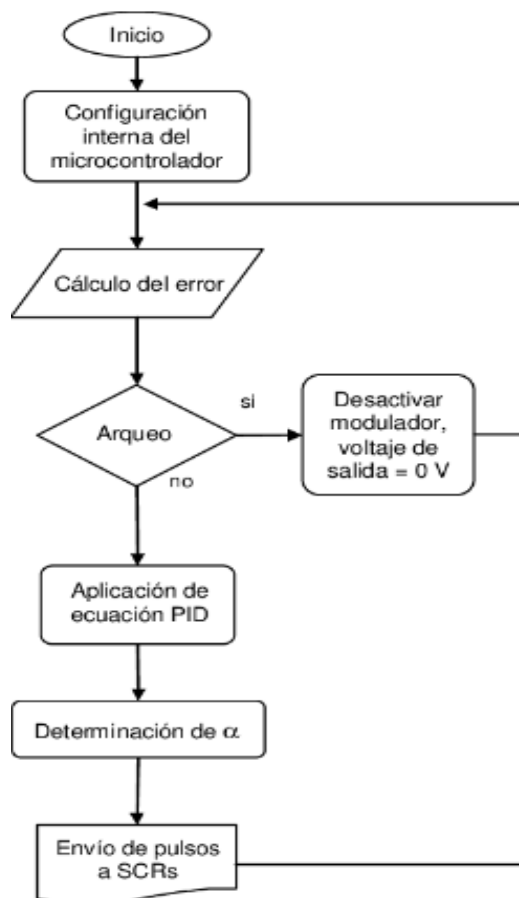
ELEMENTO	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
Carrete		<ul style="list-style-type: none">• Base de la Impresora Ender 3 S1• Balsas: No• Soportes: No• Resolución: 0,2 mm• Relleno: 20%• Material del filamento: PLA• Orientación automática plugin para Ultimaker Cura• Software Utilizado: OpenSCAD Ultimaker Cura
Estructura		<ul style="list-style-type: none">• Tubo estructural de 40 x 25 x 2 mm• Material ASTM A36• Dimensiones generales: 920 x 1860 x 1280 mm.• Soldadura a tope SMAW E-6011



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño eléctrico y electrónico

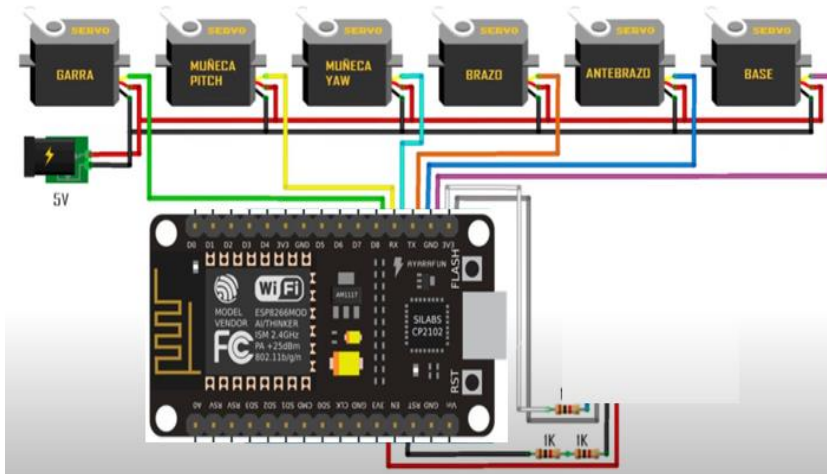
Diagrama de flujo DFD



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño eléctrico y electrónico

Diagrama de conexión brazo robótico



Los componentes empleados para la valorización de la temperatura y humedad fueron; Arduino uno, módulo higrómetro FC28, Módulo Relé 5V 1 canal, salida 10A/250VAC, Batería de 9v para alimentar al Arduino y sensor Humedad.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño eléctrico y electrónico

Programación para la ESP32cam

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
#include <WiFi.h> // biblioteca WiFi
#include <WiFiClientSecure.h> // biblioteca para trabajar con cliente WiFi con soporte TLS
#include "UniversalTelegramBot.h" // biblioteca para controlar el bot de Telegram
#include <WiFiManager.h>

#include <time.h> // biblioteca para obtener tiempo del servidor NTP
#include "SPIFFS.h" // biblioteca para trabajar con memoria SPIFFS
#include "esp_wifi.h" // biblioteca para trabajo extendido con WiFi en la placa ESP32-CAM
#include "esp_system.h" // biblioteca para configurar los componentes del sistema
#include "esp_camera.h" // biblioteca para trabajar con la cámara en la placa ESP32-CAM

// bibliotecas para trabajar con el detector de fallos de alimentación
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"

#include <ArduinoJson.h> // biblioteca JSON
```

```
ESP32CAMARAFUNCIONA1.2 UniversalTelegramBot.cpp UniversalTelegramBot.h

//const char WiFiSSID[] = "LABSIMULACION3"; // el nombre de su red WiFi
//const char WiFiPASS[] = "notieneclave"; // la contraseña de su red WiFi
const String botToken = "5968512896:AAHdkTYTCWkXJBAABeDQt00Cs_2Y-02Ut2A"; // el token de tu bot de Telegram
const String yourChatIDs[] = {"-1001808839085"}; // ID de chat de los usuarios de Telegram que pueden controlar su bot de Telegram
WiFiClientSecure client; // Crear un cliente WiFi compatible con TLS
UniversalTelegramBot bot(botToken, client); //crea un objeto para controlar tu bot de Telegram

String videoFileName; //una variable para almacenar el nombre del archivo de video que la placa ESP32-CAM le enviará a Telegram
String minutes; // variable para almacenar los minutos
String hours; // variable para almacenar el reloj
String days; // una variable para almacenar los días desde el comienzo del mes
String month; //una variable para almacenar el número del mes
int year; // una variable para almacenar el año

String settings; // variable para almacenar los parámetros de la imagen, los parámetros de la alarma y la aceleración del video
int firstHashIndex; // variable para almacenar el índice del primer hashtag de separación
int secondHashIndex; // una variable para almacenar el índice del segundo hashtag de separación
int thirdHashIndex; // una variable para almacenar el índice del tercer hashtag de separación
int fourthHashIndex; // variable para almacenar el índice del cuarto hashtag de separación
int fifthHashIndex; // una variable para almacenar el índice del quinto hashtag de separación
int sixthHashIndex; // variable para almacenar el índice del sexto hashtag de separación
int seventhHashIndex; // variable para almacenar el índice del séptimo hashtag de separación
int eighthHashIndex; // variable para almacenar el índice del octavo hashtag de separación
int ninthHashIndex; // variable para almacenar el índice del noveno hashtag de separación

String message; // una variable para almacenar el mensaje recibido del usuario de Telegram
String chatID; // una variable para almacenar el identificador de chat del usuario de Telegram que envió el mensaje a tu bot de Telegram
```



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño eléctrico y electrónico

Código Brazo Robótico

Este elemento por su parte requirió de la programación de 6 servomotores con el propósito de generar un movimiento preciso del brazo. Este proceso implicó variables de estudio, configuración SETUP HTML, configuración SETUP HTML, índice de control web server.

```
5Servos_avanzado index.h
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESPAsyncTCP.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <Servo.h>
#include "index.h"

Servo servo1, servo2, servo3, servo4, servo5;

AsyncWebServer server(80);

const char* ssid = "DIEGO-CORRALES";
const char* password = "diego12345678";

const int GPIO4 = 4;
const int GPIO5 = 5;
const int GPIO12 = 12;
const int GPIO13 = 13;
const int GPIO14 = 14;

void notFound(AsyncWebServerRequest *request) {
  request->send(404, "text/plain", "Not found");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
}
```

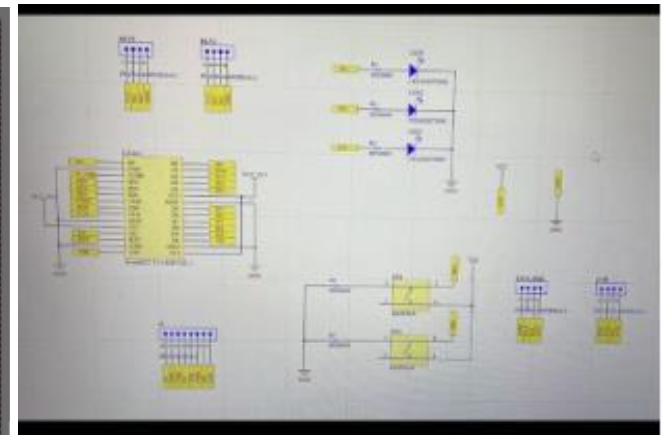
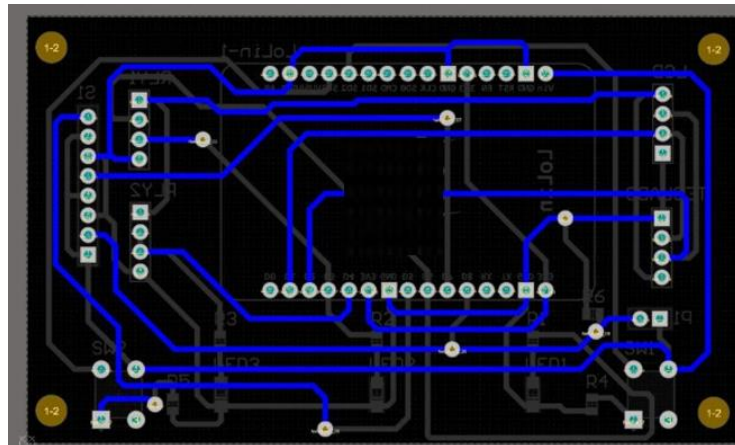


DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño eléctrico y electrónico

Diseño de PCB

Es importante destacar que Altium Designer es un software de diseño de placas de circuito impreso (PCB) basado en la nube que durante el desarrollo del presente trabajo de investigación permitió gestionar las operaciones relacionadas con la captura de esquemas, el dibujo de ensamblajes, la simulación y el modelado 3D. Otra de las características para su selección radicó en la facilidad para la planificación de apilamiento, el intercambio anónimo, la gestión de datos, visualización 3D, montaje, documentación, y configuración de salida.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño de la Red IoT

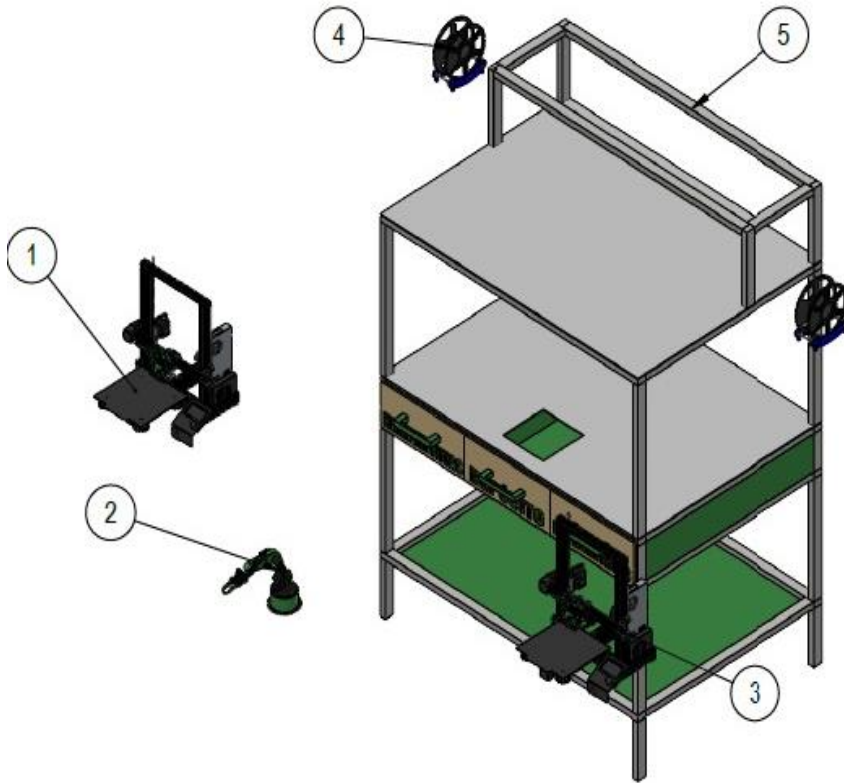


La plataforma NOU es un modelo para programación usando elementos gráficos, es decir no se basa en escribir largas líneas de código, sino que, de hecho; utiliza elementos gráficos que permiten interconectar elementos hardware como sensores, actuadores, placas de desarrollo etcétera y servicios web. Este aspecto es particular fue empleado para monitorear la temperatura del lugar por medio de la placa de desarrollo Arduino. Los datos recopilados fueron llevados hacia una aplicación en la web.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño de la celda de manufactura



Es un sistema de manufactura inteligente que su sistema está distribuido por un brazo robótico que trabaja en conjunto con dos impresiones 3D con su respectivo carrete de filamentos.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Construcción del sistema

Impresora 3d en stock

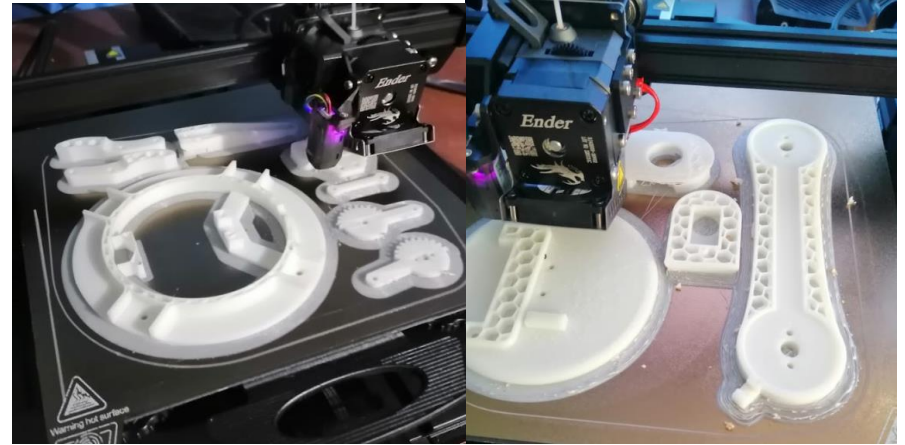


Se tomo como base dos impresoras Ender 3S1 para su aplicación en la celda a la par de su acoplamiento en la estructura. Es necesario destacar que el brazo robótico fue tomado como un modelo de software libre de la Universidad de Cataluña con base en Departament d'Ensenyament de la Generalitat. Las dimensiones del brazo son demasiado grandes por lo cual solo se lo tomó como referencia y desde ese punto los motores a pasos nema 23 que posee el modelo original se cambiaron por servomotores mg 955 y los nema 17 se cambiaron por servomotores mg 90.

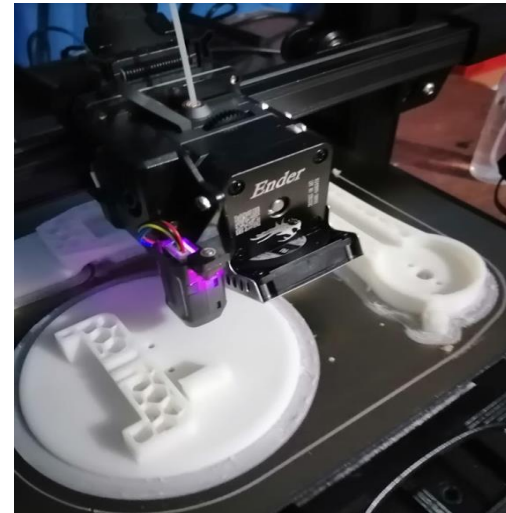


DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Impresión de piezas del brazo del robot.



Es imprescindible destacar que una vez generado el modelo CAD de las piezas; estas fueron impresas en material nylon x debido a su alta resistencia a la temperatura. El ensamble del brazo robótico se permitió emplear ciertos componentes, herramientas y materiales.

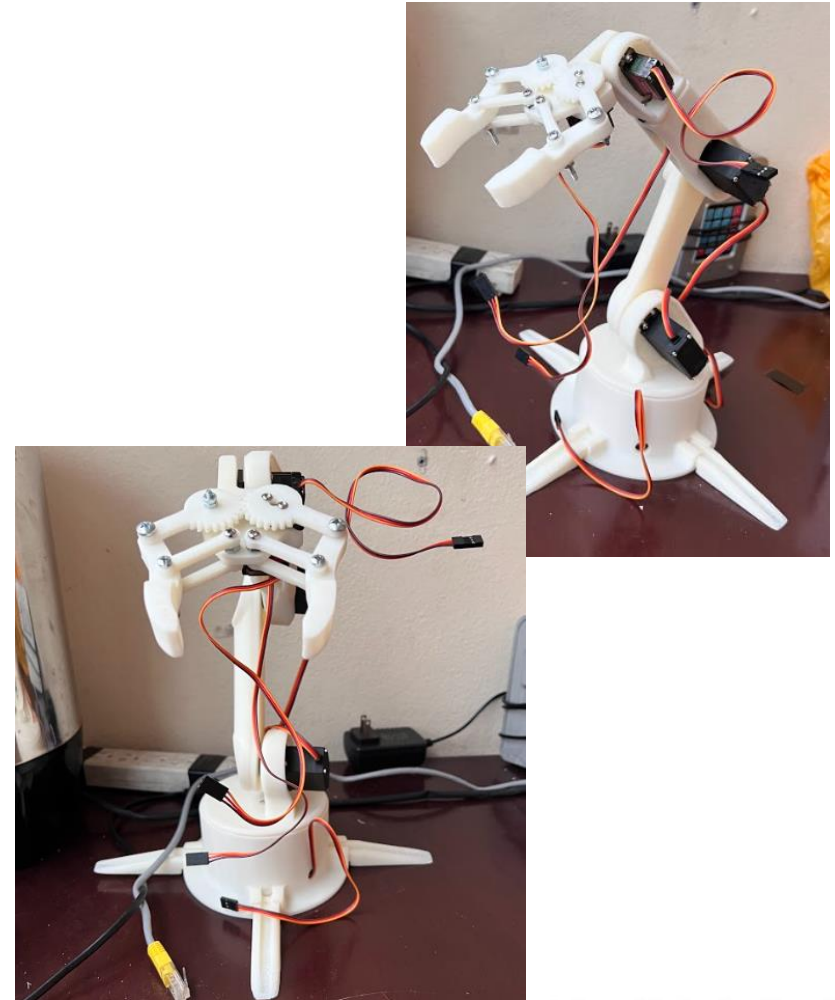


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

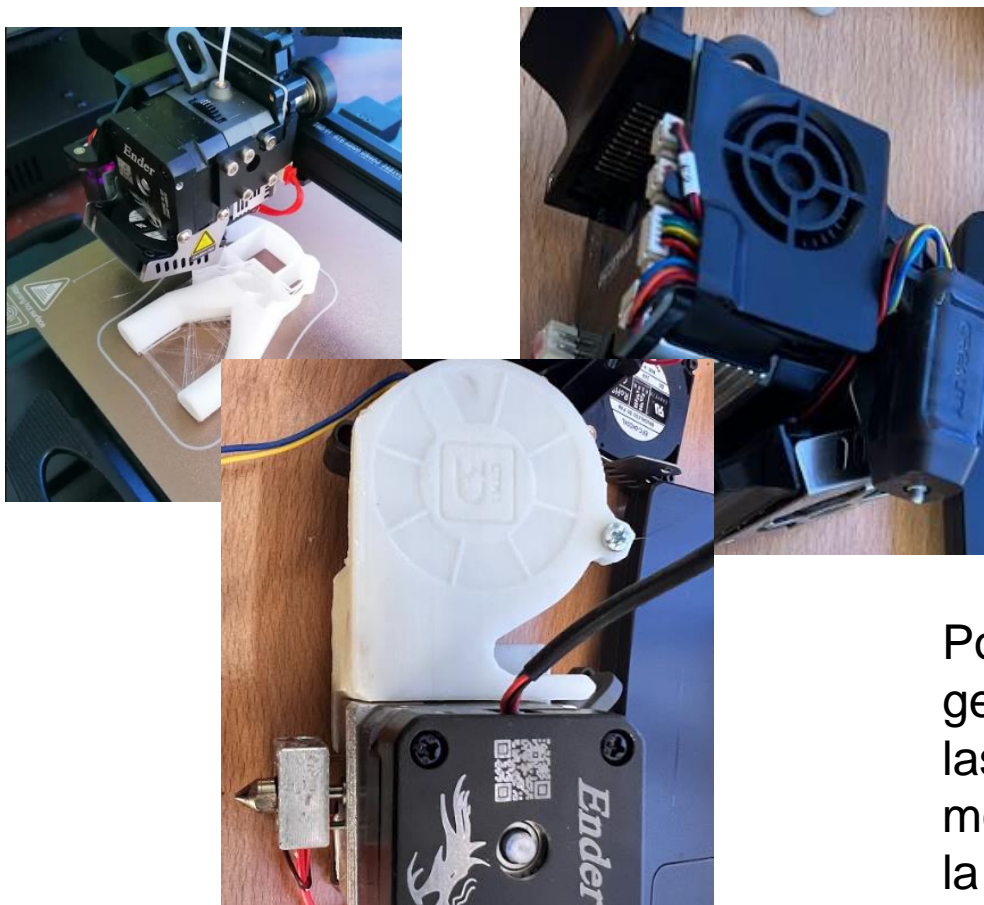
Ensamblaje del brazo robótico

De manera similar al brazo robótico, fue necesario generar el extrusor. El proveniente de fábrica posee una leve resistencia a la temperatura. El modelo geométrico mejorado fue presentado con anterioridad por lo que únicamente se muestra el ensamble general del extrusor junto a sus partes y piezas originales a la par de las mejoras. De manera similar se denota el ventilador de doble capa junto a su ensamble.



DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Impresión del extrusor y disipador



Por otro lado, una vez definida la geometría del modelo a la par de las mejoras se procedió a su montaje con base en el eje z de la impresora.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Ensamble final de la celda



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación, pruebas y resultados

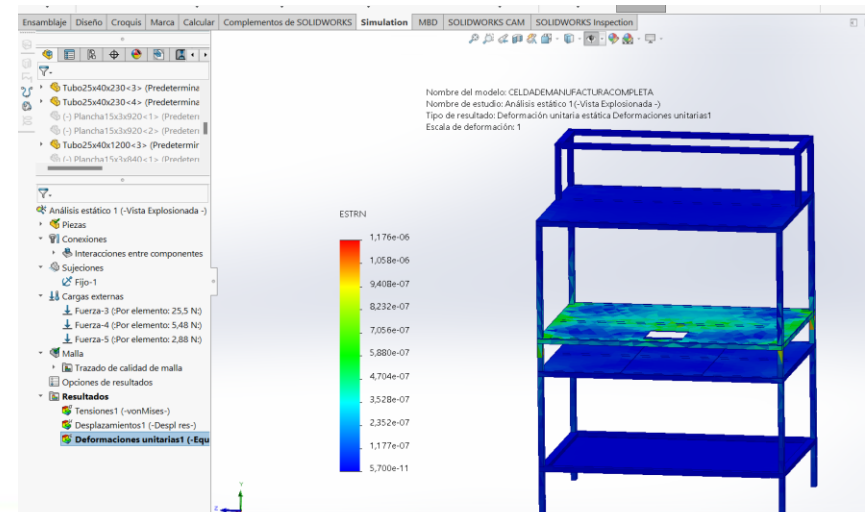
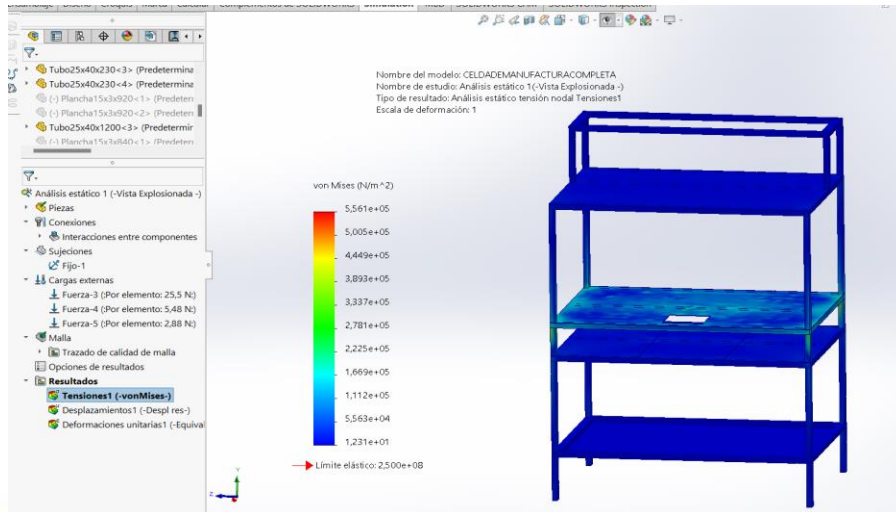
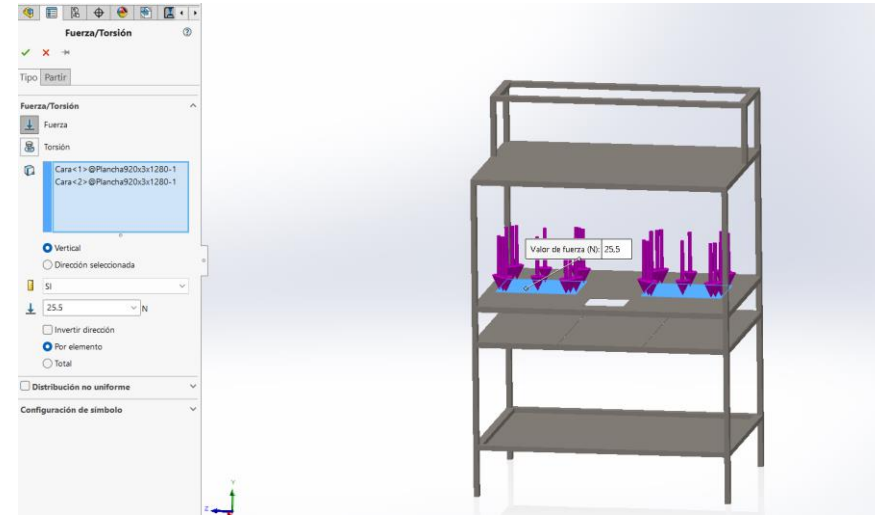
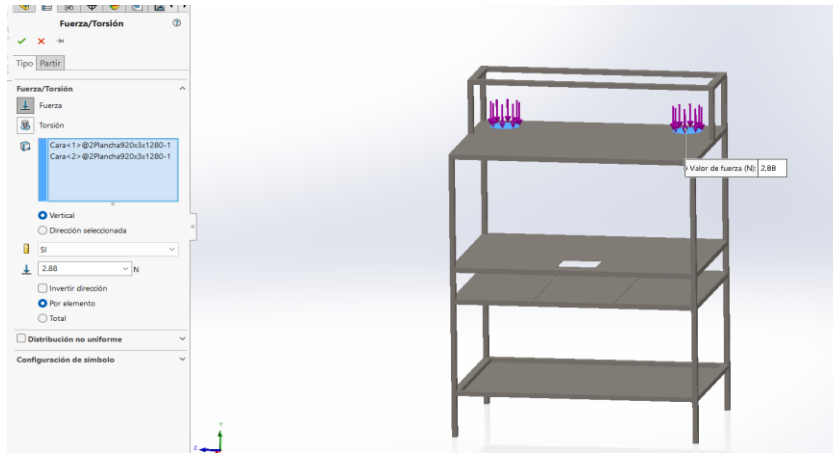
Análisis del diseño

Para la validación del diseño en la estructura del modelo se procede a realizar análisis estáticos utilizando herramientas de ingeniería asistida por computador. Los modelos previamente diseñados se sometieron a un análisis de elementos finitos que consiste en dividir los sólidos en pequeñas partes unidas por nodos que permitirán realizar un mallado de las estructuras para posteriormente someterlos a cargas; como es el caso de las impresoras, carretes y demás componentes del sistema de la celda de manufactura.

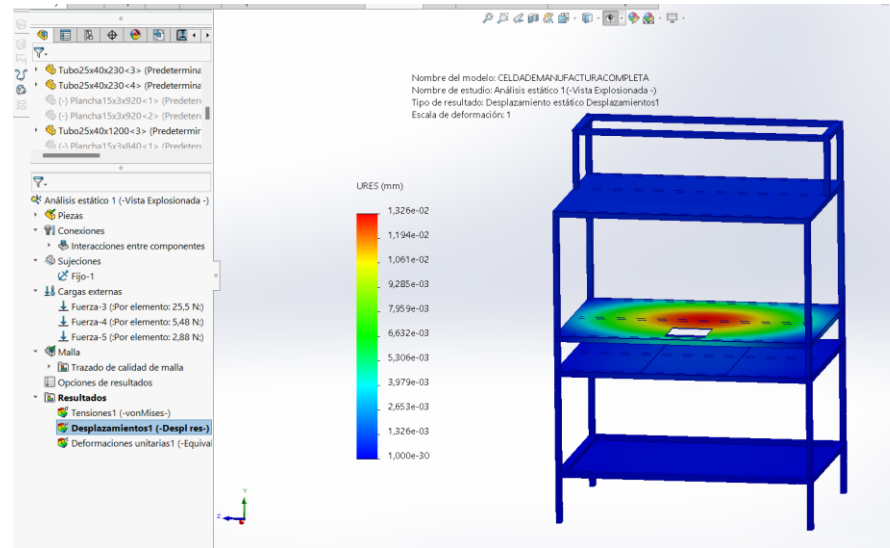


Implementación, pruebas y resultados

Análisis del diseño



Implementación, pruebas y resultados

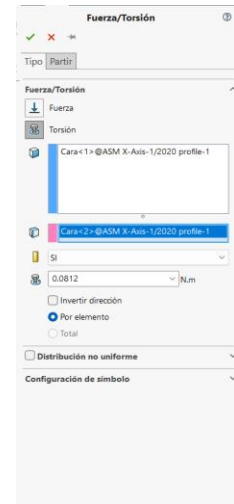
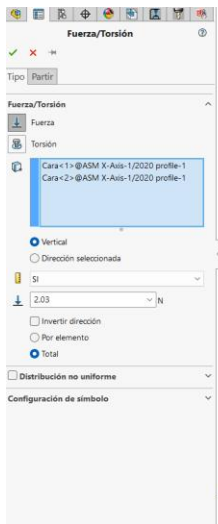


El análisis estático de la celda de manufactura pudo ser evaluado mediante el uso de herramientas proporcionadas por la ingeniería asistida por computador, estos valores arrojan resultados como un límite elástico $\sigma_y = 2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. De igual manera muestra un desplazamiento de $1,32 \times 10^{-2} \text{ mm}$ y una deformación unitaria de $1,17 \times 10^{-6}$. Por otro lado, se procede a someter al mismo análisis a otro componente de interés como es la estructura de la impresora 3D la cual soporta un extrusor modificado para el propósito de imprimir en fibra de carbono.

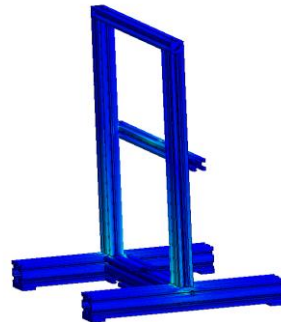


Implementación, pruebas y resultados

Análisis del diseño



Nombre del modelo: ANALISIS IMPRESORA
Nombre de estudio: Analisis estático 1 (-Standard-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



El análisis estático de la estructura la impresora 3D mediante el uso de herramientas proporcionadas por la ingeniería asistida por computador arroja resultados como un límite elástico $\sigma_y = 2,75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Existe un desplazamiento de $5,67 \times 10^{-1} \text{ mm}$ y una deformación unitaria de $2,21 \times 10^{-4}$.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación, pruebas y resultados

Dimensionamiento de servo motores

Se determina las longitudes de cada uno de los eslabones del manipulador de 6 grados de libertad para proceder al dimensionamiento de los servomotores que permitirán trasladar las piezas manufacturadas al depósito.

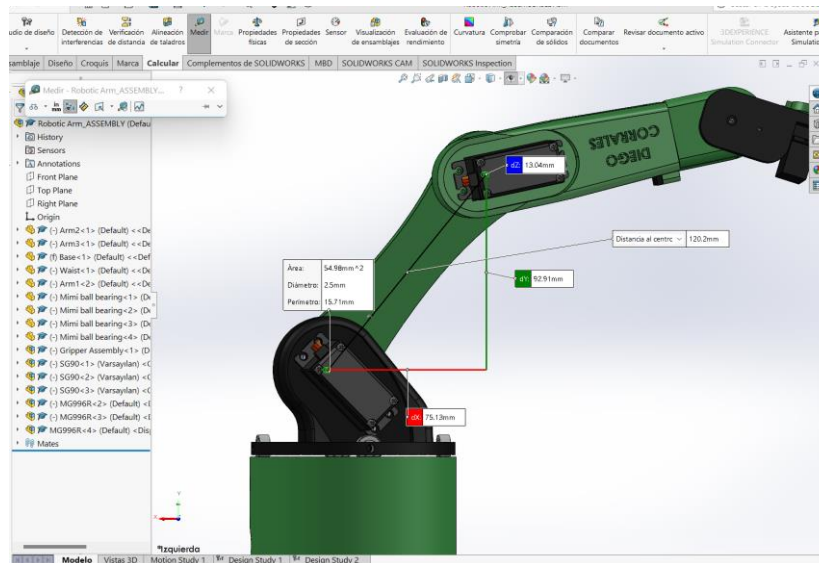
Eslabón 1 = 6,3cm

Eslabón 2= 3,4 cm

Eslabón 3= 12 cm

Eslabón 4= 9cm

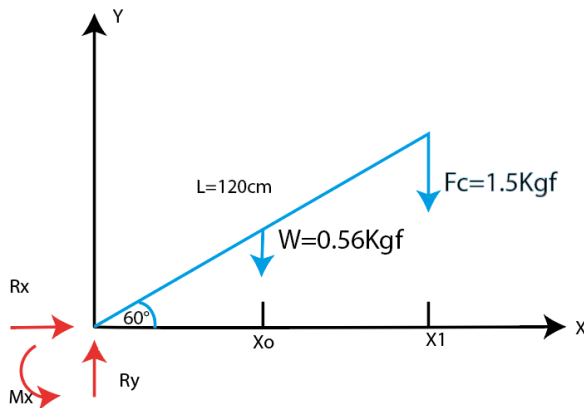
Eslabón 5=3 cm



Implementación, pruebas y resultados

Dimensionamiento de servo motores

Diagrama de cuerpo libre del eslabón sometido a análisis.



$$\sum Fy = 0$$

$$Ry - W - Fc = 0$$

$$Ry = W + Fc$$

$$Ry = 0,56Kgf + 1.5Kgf$$

$$Ry = 2,06Kgf$$

$$\sum Mx = 0$$

$$Mx - W * Xo - Fc * X1 = 0$$

$$Mx$$

$$= 0,56Kgf(6cm)(\cos(60^\circ)) + 1,5(12cm)(\cos(60^\circ))$$

$$Mx = 10,68Kgf.cm$$



Implementación, pruebas y resultados

Pruebas de IoT

Una vez definida la programación y automatización de la celda de manufactura el primer paso es realizar la puesta en marcha del servicio de IoT, para ello se va hacer pruebas en campo se realizó un testeo de las dos antenas a utilizar para evaluar si la celda de manufactura y los diferentes componentes realizan un excelente proceso y seria exitosa, debido a que diferentes industrias de manufactura dieron a conocer que placas de desarrollo IoT para 3g o 4g, no funcionaban, debido a estas circunstancias se presentó los análisis previos en tabla que abarque la mayor cantidad de tecnologías móviles posibles para poder comprobarlas en el proceso de manufactura de impresiones 3D.

```
load:0x3fff0018,len:4
load:0x3fff001c,len:1216
ho 0 tail 12 room 4
load:0x40078000,len:10944
load:0x40080400,len:6388
entry 0x0080004
SDCard MOUNT FAIL
[1771] Initializing modem...
[1771] ### TinyGSM Version: 0.11.5
[1771] ### TinyGSM Compiled Module: TinyGsmClientSIM7600
[1820] ### Modem: SIMCOM SIM7600G-R
[1820] ### Modem: SIMCOM SIM7600G-R
[1874] setNetworkMode: 1
[1899] GNSS Mode: 1
[2908] ### Modem: SIMCOM SIM7600G-R
[2908] Modem Name: SIMCOM SIM7600G-R
[2934] Modem Info: SMS DONE Manufacturer: SIMCOM INCORPORATED Model: SIMCOM_SIM7600G-R Revision: SIM7600M22_V2.0 IMEI: 868822041631316 *GCAP: +CGSM
[2950] Waiting for network...
[4012] Network connected
[4012] Connecting to internet.claro.com.ec
[4170] GPRS status: connected
[4185] CCID: 8959301000893366737
[4197] IMEI: 868822041631316
[4207] IMEI: 740010189336673
[4220] Operator: CLARO EC Claro
[4232] Local IP: 100.103.164.180
[4241] Signal quality: 99
[10255] ### Unhandled: +NETOPEN: 0
OK
[10255] GPRS disconnected
End of tests. Enable deep sleep , Will wake up in 30 seconds
```

Tarjeta que se está utilizando

Conexión exitosa con la red LTE

Conexión a internet de claro

IMEI y operadora

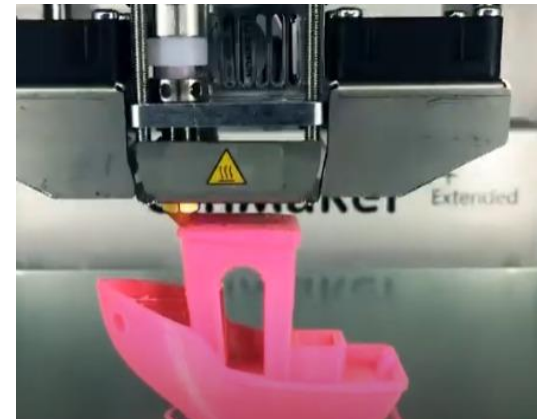
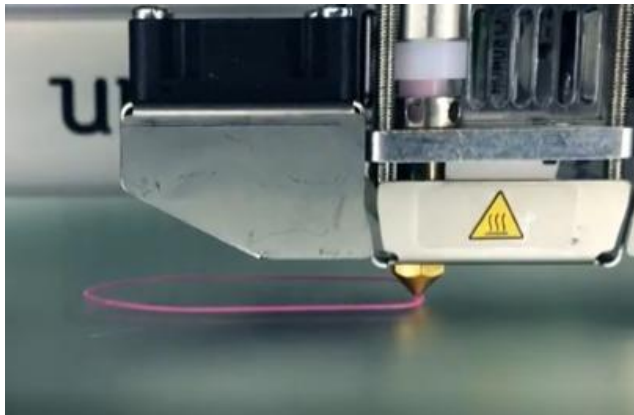
Porcentaje de la señal



Implementación, pruebas y resultados

Pruebas de elaboración de partes

La prueba de elaboración de partes y/o elementos para impresora 3d ULTIMAKER S3 Pro Bundle, misma que únicamente es capaz de imprimir nylon x y fibra de carbono de stock. Por ende, su modificación implica generar un modelo que permita comprender las diferencias entre el material de fábrica y la fibra de carbono



Implementación, pruebas y resultados

Pruebas de elaboración de partes

Impresión de la pieza modelo

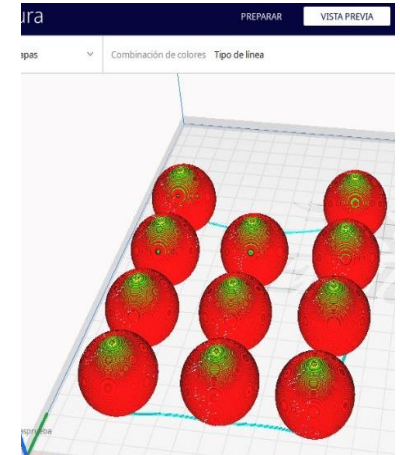
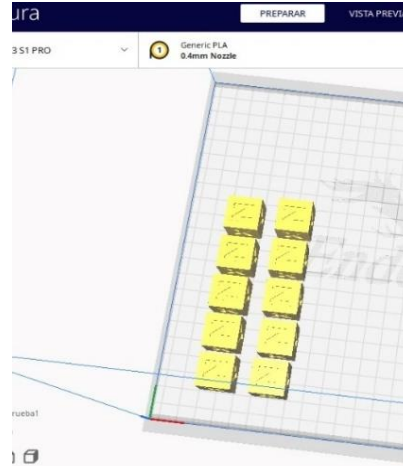
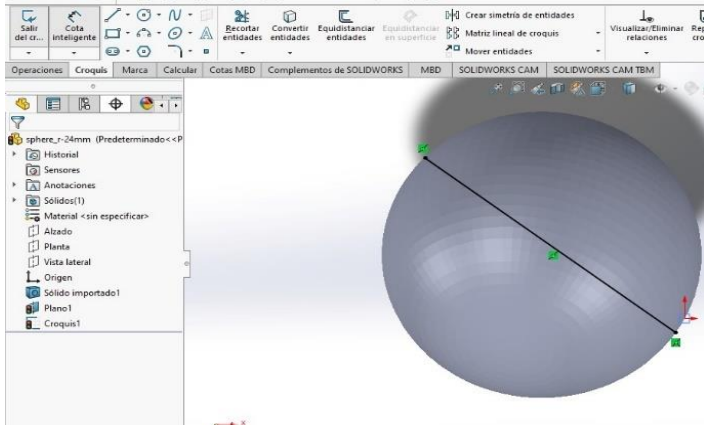


Es importante resaltar que, para trayectorias rectas, la impresión de piezas requirió que el diseño se efectuó con base en un cubo con las letras de cada uno de los 3 ejes en sus caras, mismas que tiene una magnitud de 20 mm.



Implementación, pruebas y resultados

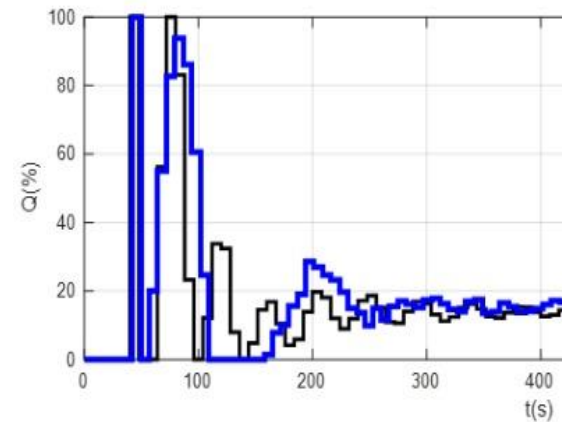
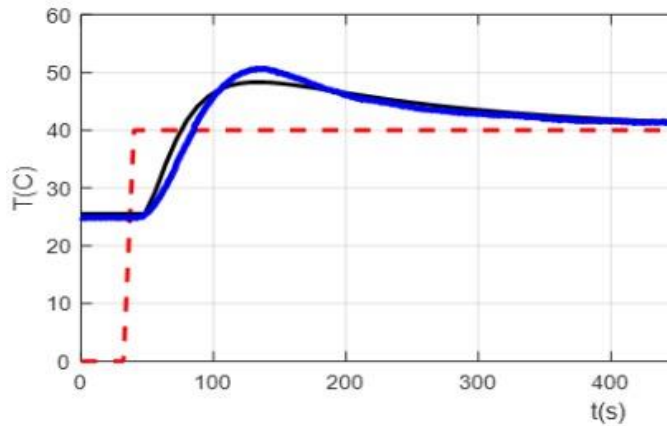
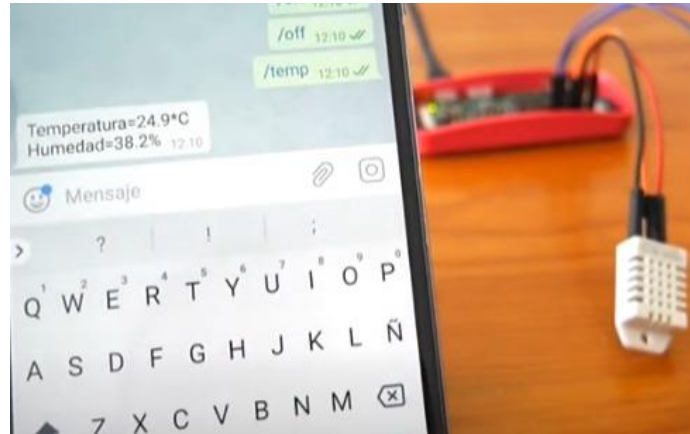
Modelo base para la impresión en trayectoria circular de piezas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación, pruebas y resultados

Pruebas de control de temperatura



Implementación, pruebas y resultados

Validación de hipótesis

La hipótesis de la investigación es:

¿El diseño e implementación de una celda de manufactura para la elaboración de piezas industriales permitirá elaborar partes en fibra de carbono en serie para la empresa INPRONIC SOLUTIONS en la ciudad de Latacunga?

La hipótesis del investigador es aceptada ya que al diseñar e implementar una celda de manufactura para el proceso de impresión 3D de piezas con filamentos de fibra de carbono la cual se desarrolló de la manera más adecuada ya que los tiempos de producción cumplen con los estándares de la empresa INPRONIC SOLUTIONS los tiempos de producción se redujeron significativamente en un 80%.



Implementación, pruebas y resultados

Presupuesto del Trabajo

Proyecto Diseño e implementación de una celda de manufactura para la elaboración en serie de piezas industriales en fibra de carbono mediante deposición de material fundido en la empresa Inpronix Solutions de la ciudad de Latacunga.

Líder	Diego Corrales		Duración del proyecto	N/A
Costos directos	\$	300.00	Presupuesto	\$ 550.00
Costos indirectos	\$	250.00	Riesgo	\$ 110.00
Reserva para riesgos		20%	Total	\$ 660.00

Costos

Elemento	Tipo de recurso	Tipo de Unidad	Unidades	Precio por unidad	Costo
Celda	Adquirido	Manufactura	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Impresora	Adquirido	Manufactura	2	\$ 450.00	\$ 900.00
Brazo	Diseñado	Manufactura	1	\$ 200.00	\$ 200.00
Material Nylon	Adquirido	Manufactura	1	\$ 100.00	\$ 100.00
Materiales electrónicos	Adquirido	Manufactura	1	\$ 120.00	\$ 120.00
Tarjeta electrónica	Adquirido	Manufactura	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Alucubond	Adquirido	Manufactura	1	\$ -	\$ -
Mano de Obra	N/A	Manufactura	1	\$ 200.00	\$ 200.00
Energía	N/A	Manufactura	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Carretes	Adquirido	Manufactura	1	\$ 45.00	\$ 45.00
Costos Operacionales	N/A	Manufactura	1	\$ 120.00	\$ 120.00
Total					\$2,095.00



CONCLUSIONES

- Se diseño e implementación una celda de manufactura que utiliza de base material fibra de carbono para la impresión de piezas en serie para la empresa INPRONIC SOLUTIONS. Esta celda posee una serie de componentes, dos de ellos adquiridos para su modificación y aplicación al modelo diseñado.
- Cada uno de los elementos requirió de una recopilación de información con el propósito de argumentar bibliográficamente las implicaciones que trae consigo el diseño de una celda de manufactura.
- Se diseño el modelo CAD de la celda de manufactura y partir del mismo se identificaron los componentes para su construcción. Es importante resaltar que cada elemento tiene distintos materiales a excepción del extrusor y el brazo robótico. Por otro lado, la estructura base es de material acero de 40 x 40 x 2 mm.
- Se repotenció la impresora Ender 3 s1 mediante el desarrollo del extrusor que es capaz de soportar altas temperaturas al momento de generar la impresión a base de fibra de carbono. El extrusor de fábrica posee una temperatura inferior a los 300 grados centígrados, por ende; no es posible su impresión en filamento de carbono; esto requirió su reimpresión a base de material Nylon.



CONCLUSIONES

- Se logró establecer parámetros de diseño por medio del diseño CAD de las piezas y posteriormente validar el diseño mecánico por medio de Ingeniería Asistida por computador (CAE) usando el Software SolidWorks (estudiantil), en primer lugar realizando el diseño CAD de cada una de las piezas de la máquina para poder establecer un monto preliminar de las cargas que se aplicarán a los motores con los pesos que se obtienen en las propiedades físicas del software, estableciéndose que el eje vertical y horizontal soportarán 10kg y 18kg respectivamente. Posteriormente se sometió las piezas de interés a análisis de esfuerzos con lo cual se verificó la correcta aplicación del factor de seguridad obteniendo un factor de seguridad mínimo de 0,51 para el eje vertical y 0,52 para el eje horizontal en el software tomando en cuenta que el factor de seguridad establecido para el diseño mecánico fue de $N=2$ por lo tanto se concluye que el diseño realizado es fiable y que no fallará frente a las cargas aplicadas en los ejes horizontal y vertical.



CONCLUSIONES

- El espacio de almacenamiento para el filamento de carbono fue diseñado en la parte superior de la celda de manufactura, misma que posee un sistema de ventilación para mantener una temperatura y humedad óptima al momento de la impresión.
- La celda de manufactura fue diseñada antes de su construcción fue abordada desde un entorno CAD. Por ende, fue necesario identificar los esfuerzos que soporta la estructura con el propósito que esta no posea problemas con base en el tiempo de aplicabilidad. El análisis estático de la estructura la impresora 3D arrojó los siguientes resultados; límite elástico $\sigma_y = 2,75 \times 10^8 \frac{N}{m^2}$, desplazamiento de $5,67 \times 10^{-1} mm$ y una deformación unitaria de $2,21 \times 10^{-4}$. Por otra parte, los servomotores del brazo robótico fue el MG996R de alto torque que posee características compatibles con las necesidades de diseño establecidas para un torque de $T = 11Kgf\ cm$.



RECOMENDACIONES

- El diseño de la celda de manufactura implica conocer todos los componentes del modelo por ende es necesario valorar cada de las características para sus cálculos y adecuación a la celda de manufactura.
- La recopilación de información requiere identificar apropiadamente las fuentes de información, por consiguiente; únicamente se debe emplear bibliografía apropiada que este respaldada académicamente.
- El diseño de un modelo CAD requiere de considerar las aplicaciones de cada componente con el propósito de modelarlo para la creación de planos y desde luego sean totalmente manufacturados.
- Al momento de repotenciar un componente es fundamental identificar las consideraciones y/o necesidades del público objetivo o clientes potenciales.
- El diseño de un entorno virtual requirió de un modelo de brazo robótico open source de la universidad de Cataluña por ende al momento de su diseño fue indispensable dimensionarlo apropiadamente con el propósito de extraer todo su potencial en la celda de manufactura.



Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA