



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

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA COLMENA FLOW HIVE AUTOMATIZADA
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASPECTOS DE INDUSTRIA 4.0 QUE PERMITA
MODERNIZAR EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MIEL CON UNA MAYOR RAPIDEZ Y
SEGURIDAD

AUTORES: CAIZAGUANO LEÓN, BRAYAN ALEXANDER
HERRERA MANOBANDA, RICARDO BLADIMIR

DIRECTOR: ING. GORDÓNGARCÉS, ANDRÉS MARCELO

LATACUNGA, FEBRERO 2022



CONTENIDO

SECCIÓN 1

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS



SECCIÓN 2

- DISEÑO



SECCIÓN 3

- IMPLEMENTACIÓN
- PROGRAMACIÓN



SECCIÓN 4

- PRUEBAS Y RESULTADOS



SECCIÓN 5

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

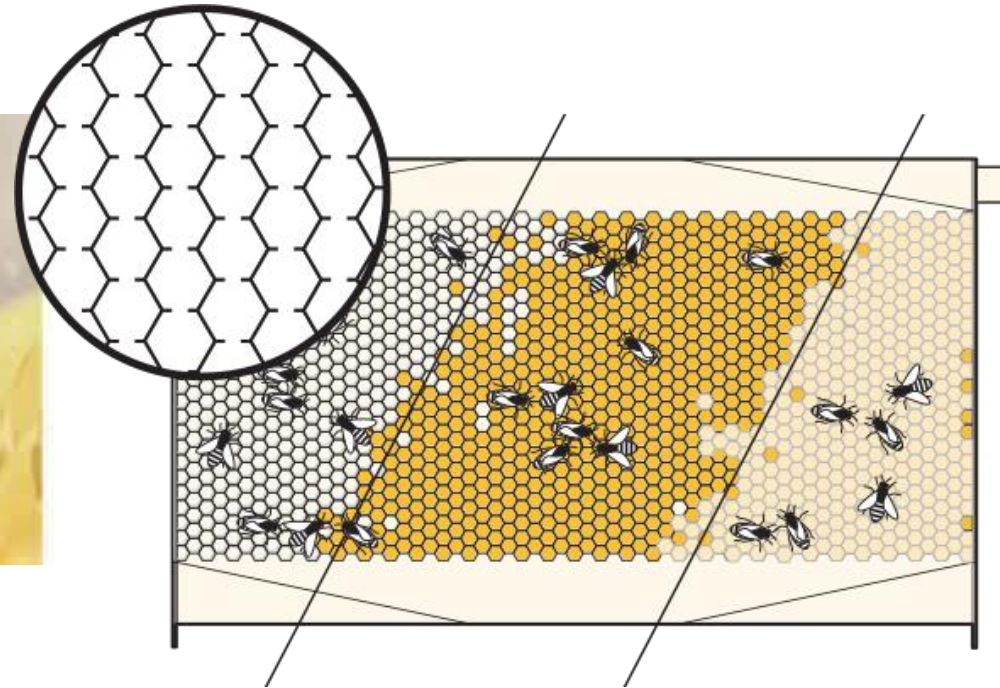


INTRODUCCIÓN

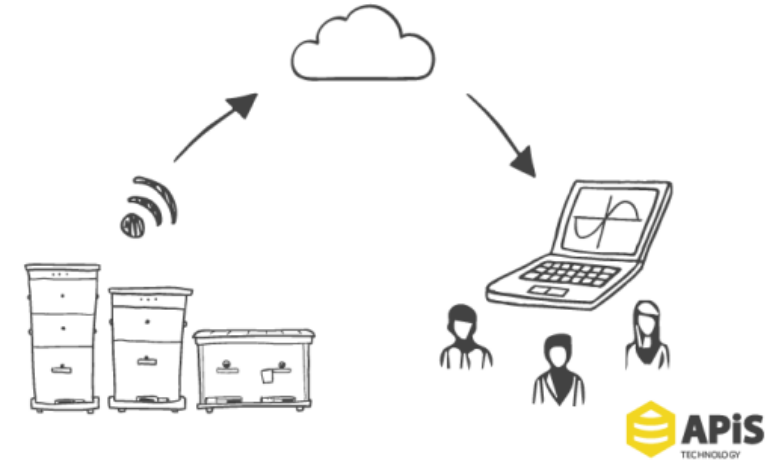
IMPORTANCIA DE LA APICULTURA



COLMENAS FLOW HIVE



INDUSTRIA 4,0



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseñar y construir una colmena Flow Hive automatizada mediante la aplicación de aspectos de Industria 4.0 que permita modernizar el proceso de extracción de miel con una mayor rapidez y seguridad



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar cada uno de los pasos que constituyen el proceso de extracción de miel.
- Plantear un sistema automatizado basado de colmenas Flow Hive, que permite abarcar todo el proceso de extracción de miel.
- Diseñar las partes estructurales que constituyen la colmena mediante la utilización de software CAD.
- Seleccionar los actuadores, sensores y sistema de control adecuados que permitan automatizar el proceso de extracción de miel.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir la colmena automatizada con los materiales seleccionados.
- Programar una secuencia organizada que permita el correcto funcionamiento de monitoreo y extracción de miel.
- Crear una HMI que permita una visualización y control del proceso por parte del usuario.
- Implementar aspectos de la industria 4.0 en la colmena flow hive mediante el uso del internet de las cosas.
- Realizar pruebas de todo el sistema que permitan corroborar o rechazar la hipótesis planteada.



NECESIDADES DEL USUARIO

N-	Necesidad
1	Tiempo de cosecha
2	Máquina funcional
3	Económico
4	Fácil uso
5	Fácil mantenimiento
6	Resistencia a la intemperie
7	Comodidad
8	Seguridad para el usuario
9	Ahorro de energía
10	Tamaño Reducido

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

N-	Necesidad
1	Rapidez
2	Eficiente
3	Calidad-Costo
4	Interactiva
5	Disponibilidad repuestos
6	Resistencia a la intemperie
7	Control a distancia
8	Accionamiento a distancia
9	Bajo consumo energético
10	Diseño seguro



MATRIZ QFD

No	VOZ DEL USUARIO / VOZ DEL INGENIERO	IMPORTANCIA DEL CLIENTE										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			RAPIDEZ	EFICIENCIA	CALIDAD COSTO	INTERFAZ INTERACTIVA	DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	RESISTENCIA	CONTROL A DISTANCIA	ACCIONAMIENTO A DISTANCIA	BAJO CONSUMO ENERGÉTICO	DISEÑO SEGURO
1	TIEMPO DE COSECHA	5	⊖	⊖								
2	MÁQUINA FUNCIONAL	5	▲	⊖				▲	▲	▲		
3	ECONÓMICO	4			⊖		▲				○	
4	FÁCIL USO	5				⊖			○	○		
5	FÁCIL MANTENIMIENTO	3		▲	○		⊖					
6	RESISTENTE A LA INTEN	4			▲			⊖				
7	COMODIDAD	2				○			⊖	⊖		○
8	SEGURIDAD PARA EL US	5							⊖	⊖		
9	AHORRO DE ENERGÍA	3	▲	▲					▲	▲	⊖	
10	TAMAÑO REDUCIDO	3			▲							⊖
Importancia del Cliente Absoluta			33	56	36	31	19	25	58	73	27	21
Importancia del Cliente Relativa			1,7	2,9	1,9	1,6	1,0	1,3	3,1	3,8	1,4	1,1
Importancia Técnica Absoluta			33	72	59	40	25	34	95	133	43	22
Importancia Técnica Relativa			1,5	3,3	2,7	1,8	1,1	1,5	4,3	6,0	2,0	1,0
Porcentaje			5,94%	12,95%	10,61%	7,19%	4,50%	6,12%	17,09%	23,92%	7,73%	3,96%

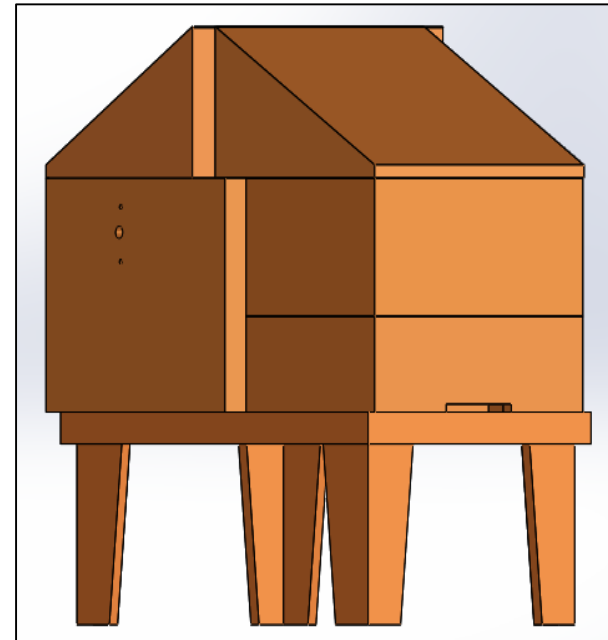
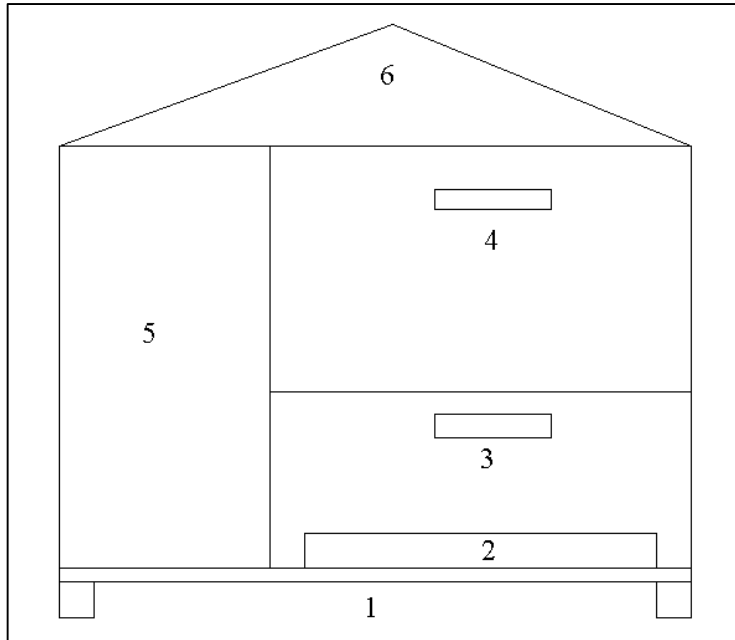


RESULTADO DE MATRIZ QFD

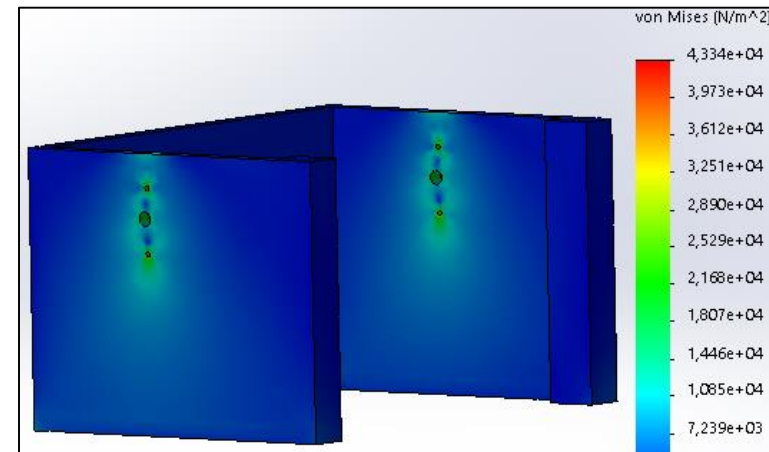
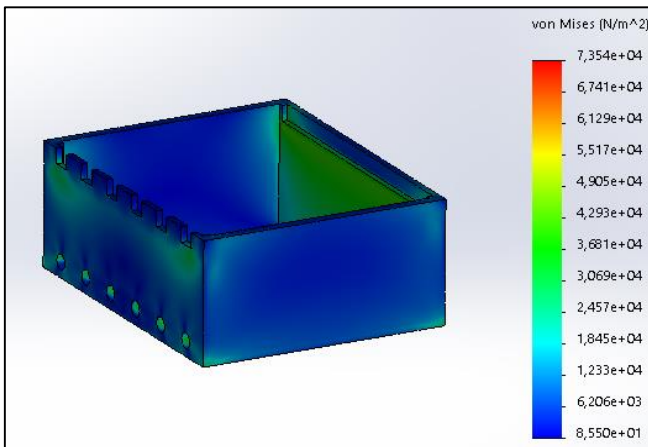
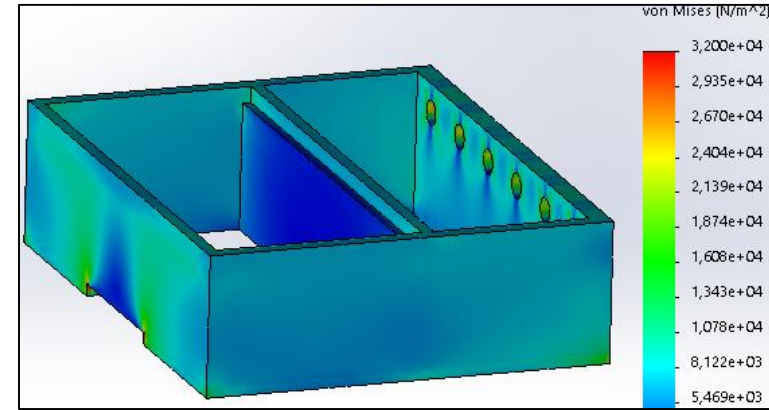
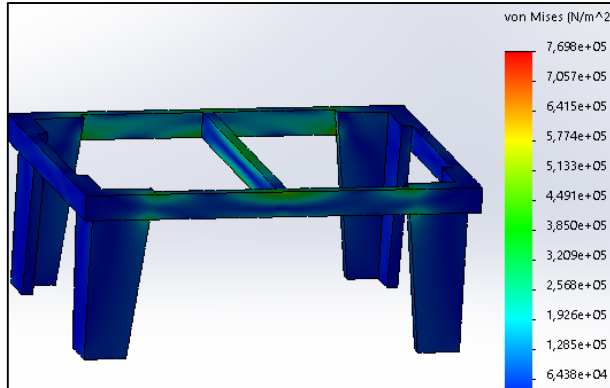
Orden	Característica técnica	Puntuación	Porcentaje
1	Accionamiento a distancia	133	23,92%
2	Control a distancia	95	17,09%
3	Eficiente	72	12,95%
4	Calidad-Costo	59	10,61%
5	Bajo consumo energético	43	7,73%
6	Interactiva	40	7,19%
7	Resistencia a la intemperie	34	6,12%
8	Rapidez	33	5,94%
9	Disponibilidad repuestos	25	4,50%
10	Diseño seguro	22	3,96%



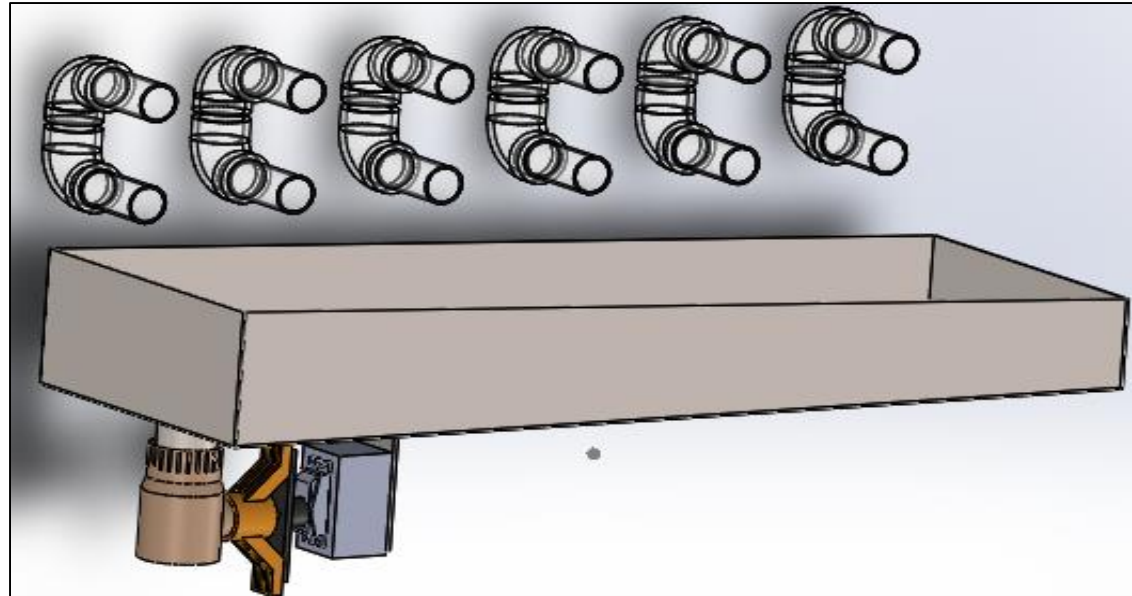
ESTRUCTURA DE LA COLMENA



ANÁLISIS DE ESFUERZOS

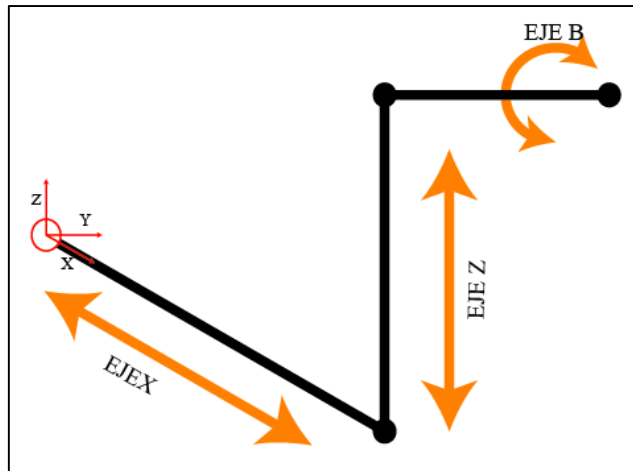


SISTEMA DE DRENAJE

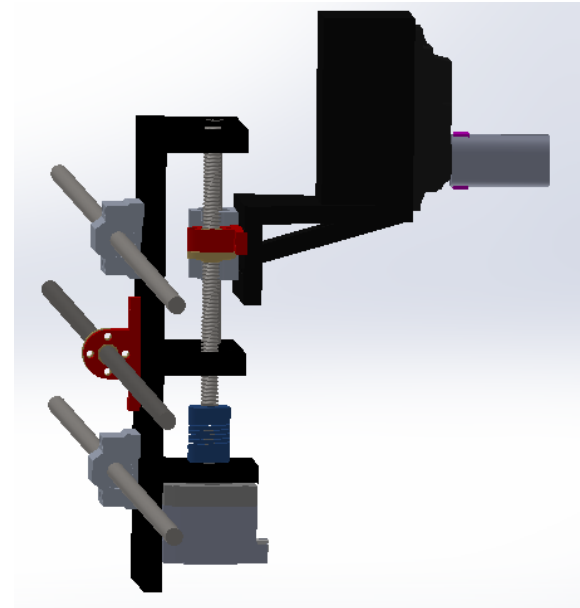


MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

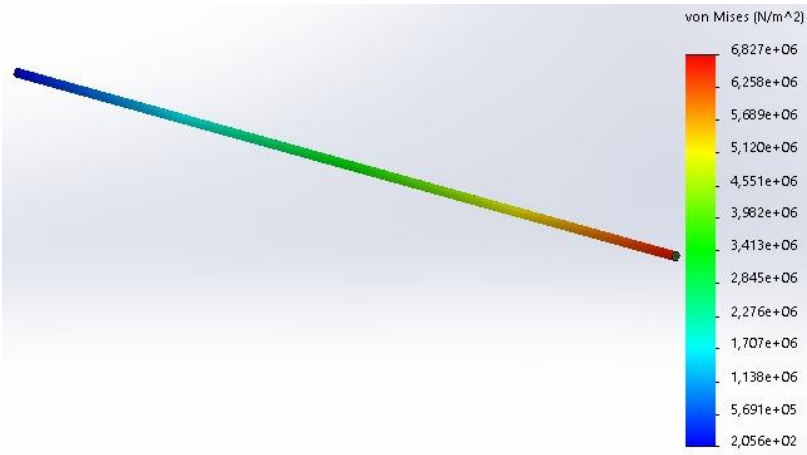
EJES DE MOVIMIENTO



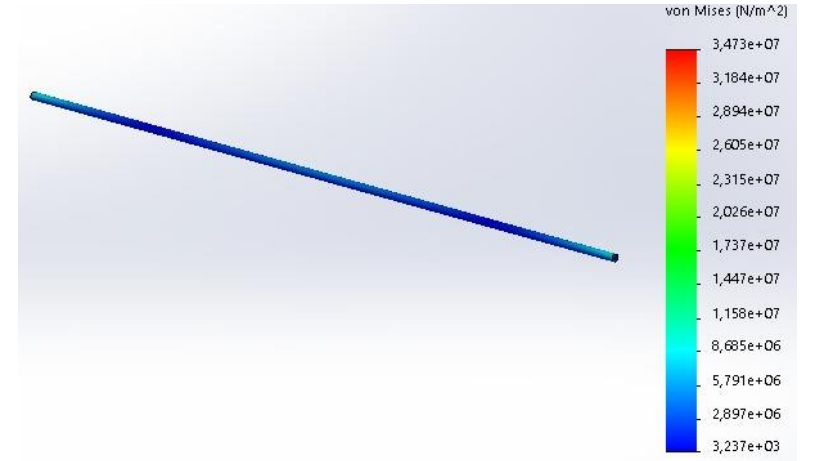
ESQUEMAS DE MOVIMIENTO



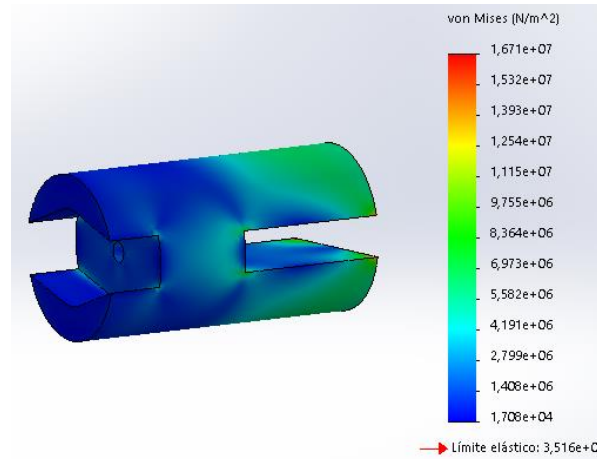
ANÁLISIS DE ESFUERZOS



$6.824\text{Mpa} < 276\text{Mpa}$



$34.8\text{Mpa} < 296\text{Mpa}$



$16.7\text{Mpa} < 296\text{Mpa}$



SELECCIÓN DE MOTORES



MOTOR NEMA 17



SERVOMOTOR 20 Kg.cm



MOTOR NEMA 23

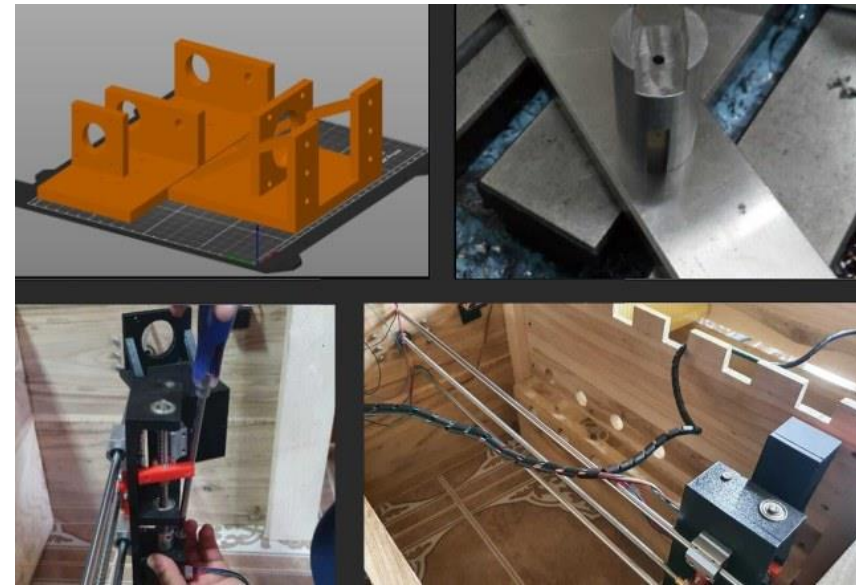


SERVOMOTOR 60 Kg.cm

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA



ADAPTACIÓN DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

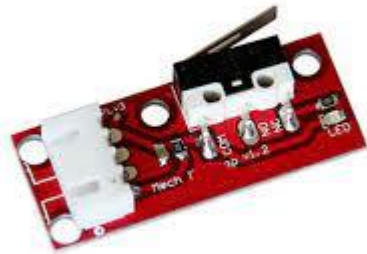


MONTAR EL SISTEMA DE DRENAJE



SELECCIÓN DE SENSORES

Sensores de
Posicionamiento



Sensores de
Peso

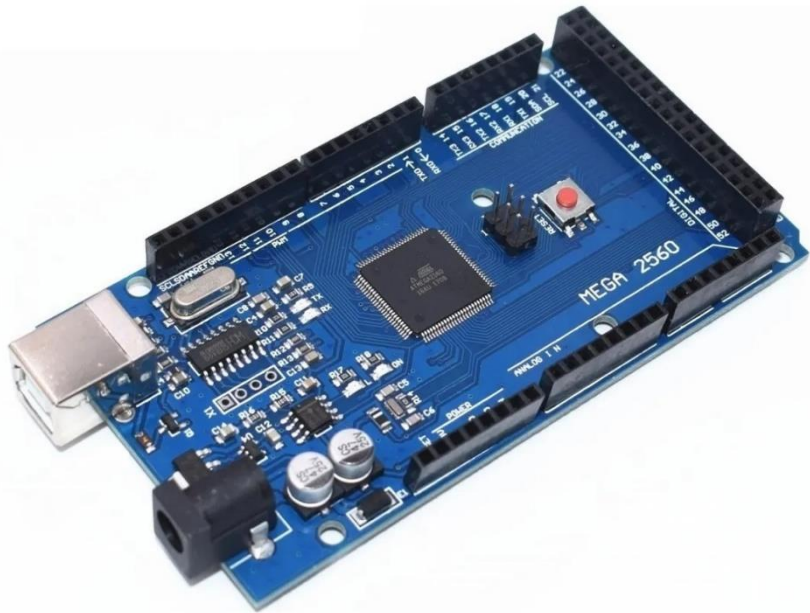


Sensores de
Nivel



SELECCIÓN DE CONTROLADORES

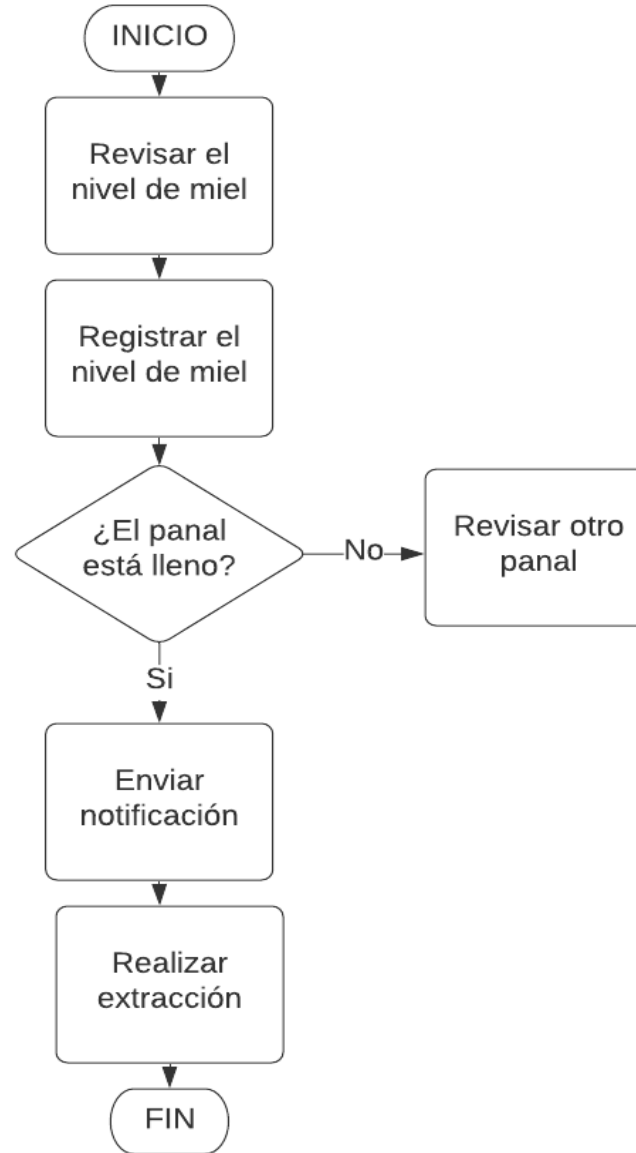
ARDUINO MEGA



RASPBERRY PI 3



PROGRAMACIÓN



PROGRAMACIÓN

Programación de la secuencia

Cada uno de los módulos requiere una programación específica, lo que se puede integrar todo en un solo conjunto, de tal manera que se logra la interacción entre sensores, actuadores, procesamiento y comunicación.

Sensores:

Final de carrera
Galgas
Ultrasónico

Actuadores:

Motores Nema
Servomotores

Comunicación:

Serial
Internet



Programación del HMI

VENTANA DE INICIO



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L

COLMENA FLOW HIVE
AUTOMATIZADA




USUARIO

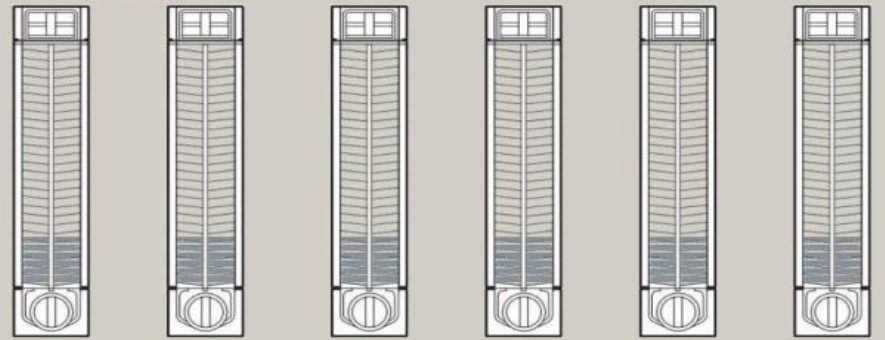
CONTRASEÑA

INGRESAR

VENTANA DE NIVELES GENERALES



NIVELES GENERALES DE MIEL

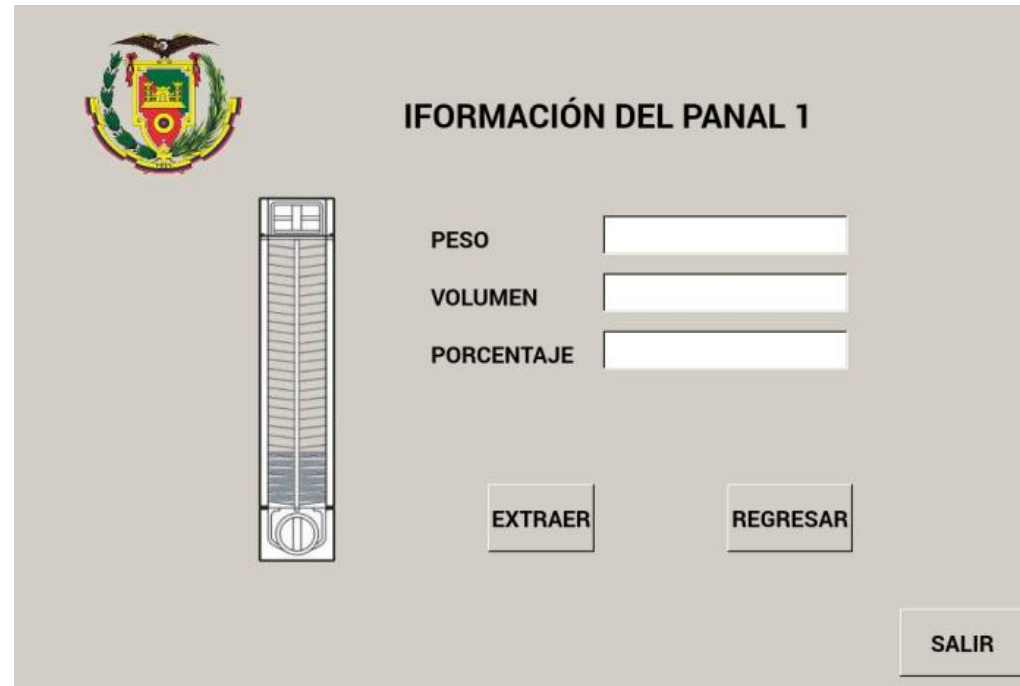


PANAL 1 PANAL 2 PANAL 3 PANAL 4 PANAL 5 PANAL 6

SALIR

Programación del HMI

VENTANA INFORMACIÓN INDIVIDUAL



IFORMACIÓN DEL PANAL 1

PESO

VOLUMEN

PORCENTAJE

EXTRAER

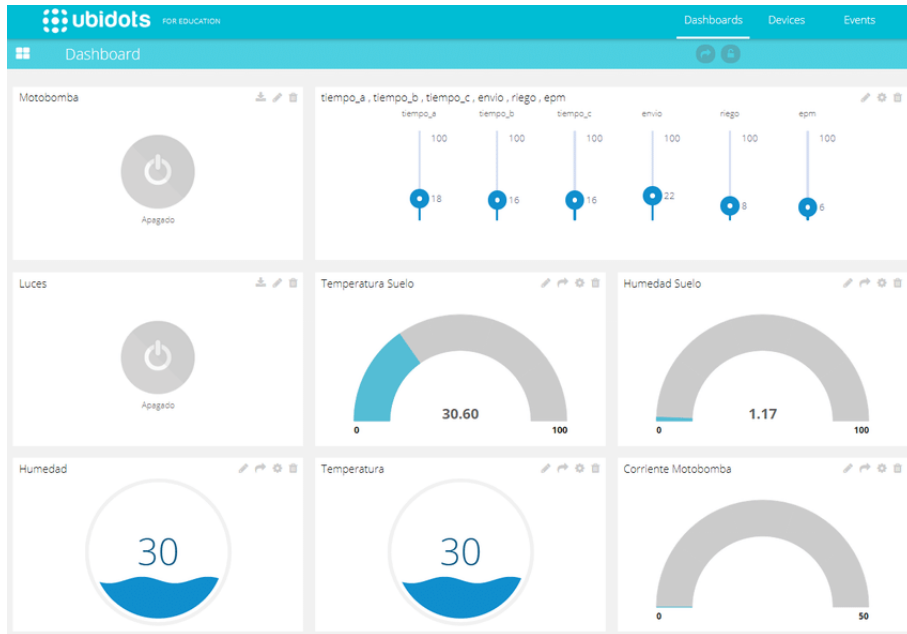
REGRESAR

SALIR

Implementación de IoT en la colmena

La comunicación mediante internet de las cosas se posibilita gracias la plataforma Ubidots, mediante la cual se puede recibir y enviar información entre varios dispositivo en cualquier parte del mundo

Ubidots



Interface Ubidots



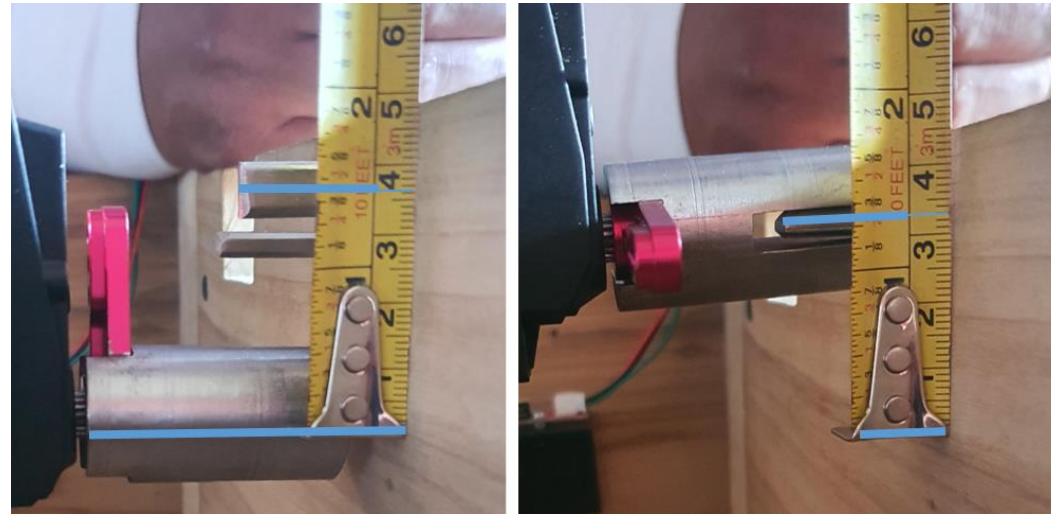
Pruebas de posicionamiento eje X

El eje X realiza el movimiento longitudinal del sistema con la finalidad de alinear el actuador con el panel, para las pruebas de posicionamiento se las realiza con cada una de las distancias a las que debe llegar el actuador



Pruebas de posicionamiento eje Z

El eje Z ubica el actuador a la altura de las secciones de cierre y apertura, específicamente a la mitad de las palancas de accionamiento.

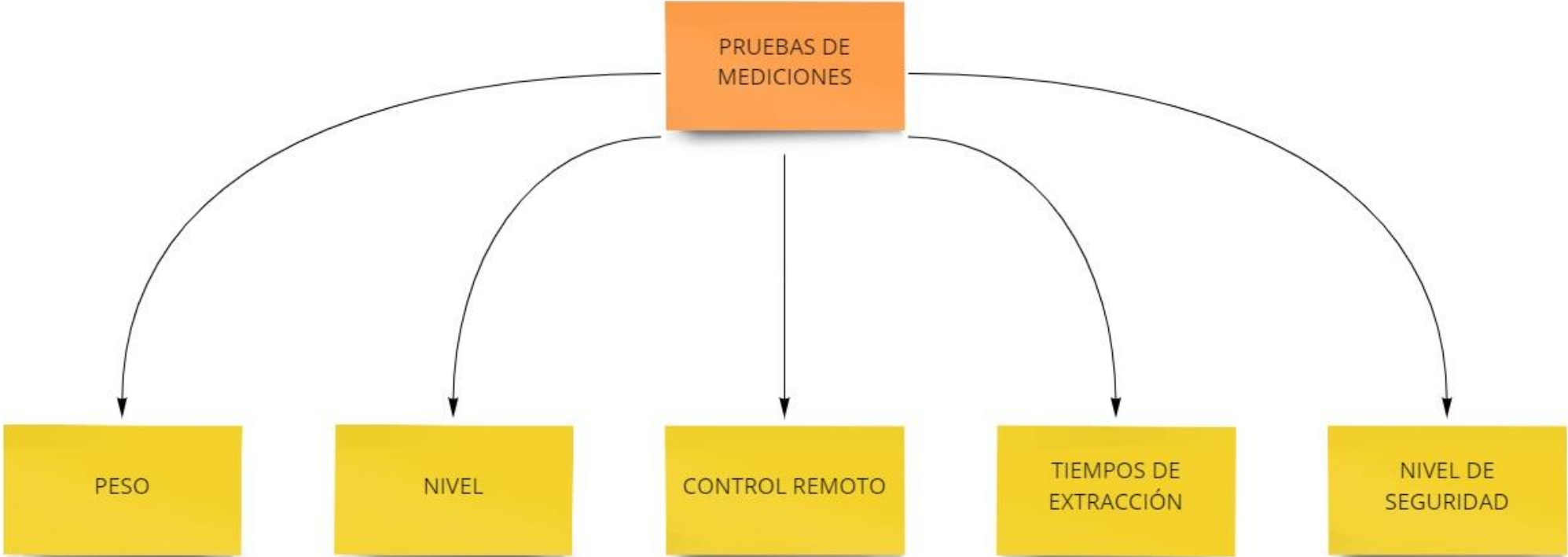


Pruebas de posicionamiento eje B

Una vez los motores Nema posicionan al actuador en la zona requerida el eje B es accionado mediante el servomotor que gira de manera controlada. El valor de referencia para la apertura del panel es de 90°



Pruebas de medición



miro



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó una colmena Flow Hive automatizada mediante la aplicación de aspectos de industria 4.0 lo cual permitió una modernización en el proceso de extracción de miel con una mayor rapidez y seguridad con la capacidad de 6 panales y 13.8 litros de volumen máximo de miel.
- Se identificaron los procesos que permiten llevar a cabo la extracción de miel, utilizando la forma artesanal. El proceso de extracción inicia con la revisión de la colmena para así verificar el estado de los panales y la cantidad de miel en los mismos; seguido de la separación de los panales que están llenos para así proceder con el desoperculado de las celdas mediante herramientas de corte lo que permite empezar con el drenado de miel posteriormente se cuela para así separar los restos de cera y abejas muertas de la miel, el proceso concluye con el envasado del producto.



CONCLUSIONES

- Al diseñar la colmena Flow Hive se planteó un sistema automatizado que permitió integrar los procesos secuenciales necesarios para la extracción de miel los cuales fueron: monitoreo de panales que se realizaron de dos formas que son: supervisar los niveles de forma presencial directamente con la pantalla touch HDMI ; o la revisión remota desde un dispositivo inteligente lo que permite la selección de panales llenos mediante el sensado de peso por galgas extensiométricas y mostrados sus valores en las interfaces. Cuando los panales estén llenos, el prototipo inicia el posicionamiento y activación del mecanismo de apertura y cierre, modificando la forma de las celdas y rompiendo los opérculos para un drenado de la miel por las tuberías. Para así ser depositada en el tanque de reserva y finalmente envasado el cual es controlado por un medidor de nivel computacional.



CONCLUSIONES

- El diseño de las partes estructurales de la colmena Hive Flow tiene una dimensión total de 94.5x77x111 cm, se llevó a cabo el análisis de materiales por sus propiedades mecánicas y teniendo en cuenta la disponibilidad en el mercado local se optó por el uso del cedro. Además, se realizó análisis estático en el software especializado para comprobar el fallo de elementos comparando esfuerzos máximos de Von Mises sea menor a la resistencia a la fluencia.
- La selección de actuadores se realizó de acuerdo a las necesidades del sistema, obteniendo un motor nema 23 con un torque de 4 kg.cm para la transmisión del movimiento del eje x, un motor nema 17 que posee un torque de 1.6 kg.cm que realiza el movimiento del eje z, además un servomotor de 60 kg.cm el cual genera el movimiento para la apertura y cierre de los panales, y un servomotor de 20kg.cm que da accionamiento a la llave de paso.



CONCLUSIONES

- Para determinar los sensores que se utilizaron en el prototipo se tomaron en cuenta las magnitudes a censar como lo fueron: posición, peso y nivel. En la cual se utilizaron finales de carrera que permiten orientar el mecanismo en el espacio, galgas extensiométricas las que interpretan el peso de los panales y un sensor ultrasónico que recepta el nivel de los envases respectivamente.
- El sistema de control se constituye de 2 tarjetas embebidas para facilitar la implementación tanto en hardware como software, Arduino por un lado proporciona la lectura de valores analógicos de manera sencilla, mientras que Raspberry Pi posee propiedades de comunicación WiFi sin la necesidad de módulos adicionales, además posee una gran cantidad de periféricos fáciles de conectar, entre ellos pantallas HDMI.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se construyó la colmena automatizada acatando las medidas y dimensiones de las estructuras mecánicas y elementos diseñados en el software CAD. Además, se aplicó un tratamiento anticorrosivo de lacado para proteger la integridad del sistema ante el medio ambiente.
- Al reconocer y organizar el proceso de extracción se programó un código que permitió el funcionamiento secuencial automático, controlado por dos tarjetas embebidas como lo son el Arduino mega y Raspberry pi 3 conectados por medio de una comunicación serial y procesamiento simultaneo.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Para la comodidad del usuario se implementó un HMI basado en código de programación libre Python implementado en una pantalla touch HDMI, el mismo que permite supervisar el llenado de los panales por medio de la muestra de un indicador de nivel, además acciona el proceso de extracción en cualquier momento de la producción.
- En el sistema de la colmena se implementó la industria 4.0 por medio de la plataforma Ubidots de gran versatilidad que permite comunicación con la tarjeta Raspberry pi por medio de la creación de una interface para el control y monitoreo de la colmena en cualquier lugar del mundo. El internet de las cosas intercambia información desde la colmena y la plataforma Ubidots siempre y cuando este activa una red inalámbrica, lo que da paso a transferencia de datos entre sí, esto proporciona la opción de visualizar graficas de control de peso respecto al tiempo, además de exportar información a otros dispositivos y control de toda la secuencia en cualquier dispositivo permisible.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- La hipótesis planteada fue corroborada en base a las pruebas realizadas y mediante comparación de datos. En cuanto a la rapidez se comprobó mediante la medición de tiempos de extracción, que en el caso de las colmenas Flow Hive fue mucho más rápida con un tiempo de 1 hora 13 minutos y 25 segundos a diferencia de las 4 horas y 53 minutos del método tradicional, reduciendo hasta 4 veces el tiempo de extracción de miel.
- La seguridad para el usuario fue verificada en base a comparaciones de los equipos requeridos por el apicultor para hacer una extracción sin un daño excesivo por la picadura de las abejas. Las colmenas Flow Hive son muy seguras al momento de la cosecha de miel, debido a que se contabilizó ningún accesorio, que, en comparación con los 5 equipos necesarios para el método tradicional, lo que se interpreta que a menor equipo de seguridad necesario existe menos riesgo.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda una exactitud en la construcción de las estructuras de la madera y una sola referencia en la carpintería, ya que los posicionamientos en los panales son precisos y la falla de coincidencia pueden provocar colisiones en el sistema.
- Al realizar el proyecto se debe tener en cuenta una asistencia continua de expertos en las áreas de apicultura y carpintería que compartan conocimiento para la culminación del prototipo.
- Evitar las conexiones GSM u ondas de teléfonos móviles ya que las señales emitidas por los celulares durante las llamadas son capaces de desorientar a las abejas, hasta el punto de ocasionar su muerte.



RECOMENDACIONES

- Es Recomendables llenar los panales en colmenas comunes mientras se realiza la construcción de la colmena Flow Hive, ya que el proceso de producción de miel es largo y se necesitan dichos elementos repletos de miel y operculados para realizar las pruebas.
- El uso adecuado del cableado y los calibres pertinentes para cada elemento ya que puede incidir en el calentamiento de ciertos componentes electrónicos y del mismo modo disminuye la potencia en los motores que no permiten el uso óptimo.
- Al momento de realizar la programación en la aplicación de la industria 4.0 en la tarjeta Raspberry Pi y la interface de la plataforma Ubidots se recomienda etiquetar los direccionamientos de las variables sin espacios ni mayúsculas, puesto que no reconocen de esta manera en la comunicación.



RECOMENDACIONES

- Es Recomendado la utilización de sensores modulares en el sistema, ya que estos entregan valores más exactos, ocupa menos espacio tanto en la placa como en la caja de control y evita el acondicionamiento.
- A pesar de que el diseño de un eje soporta el mecanismo de accionamiento, se recomienda hacerlo con dos ejes guías en el movimiento longitudinal ya que al moverse existe un pandeo en esta zona.



VIDEO

