

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN DE MIEL DE ABEJAS DE BAJO COSTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA RECOLECCIÓN DEL PRODUCTO, DESTINADO A APICULTORES DE LA ZONA CENTRAL DEL PAÍS”

Oscar Arteaga, Vicente Hallo, Pamela Espejo, Karen Heredia
Ingeniería en Mecatrónica. Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga,
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordóñez S/N y Hermanas Páez, Latacunga, Ecuador,
Email: obarteaga@espe.edu.ec, vdhallo@espe.edu, pames.sport@gmail.com,
krn.herediav@gmail.com.

RESUMEN.

El presente artículo expone el diseño e implementación de un sistema automatizado de extracción de miel de abejas de bajo costo para de esta manera mejorar la eficiencia de la recolección del producto, lo cual se inició dimensionando la estructura en base al tamaño de los marcos utilizados en la apicultura y el material utilizado para la implementación fue acero inoxidable AISI 316, el cual es idóneo para alimentos. La selección y diseño del sistema eléctrico y electrónico se realizó en base a los requerimientos estructurales y de los procesos que involucra la extracción de miel de abejas.

Técnicamente el sistema está automatizado y controlado mediante un PLC, con una pantalla monocromática, mediante el cual se puede monitorear y supervisar el proceso, el cual consta de control de temperatura, control de velocidad, control de nivel, y además control de producción.

La máquina comercialmente, tiene una capacidad de 32 marcos, en 10 minutos, dando un resultado aproximado de 48 litros por extracción. El costo aproximado del sistema es de 5 000 dólares como primer prototipo, cuyo valor puede ser menor al optimizar su producción, siendo accesible a pequeños y medianos apicultores.

Palabras claves: Extracción de miel de abejas automatizado.

ABSTRACT.

This paper presents the design and implementation of an automated extraction of honey inexpensive to thereby improve the efficiency of product collection, which began sizing the structure based on the size

of the frames used in beekeeping and the material used for the implementation was AISI 316 stainless steel, which is suitable for food. The selection and design of electrical and electronic system was based on the structural requirements and the processes involved in the extraction of honey.

Technically the system is automated and controlled by a PLC, with a monochrome screen, through which it can monitor and oversee the process, which includes climate control, cruise control, level control, production control plus.

Commercially machine has a capacity of 32 frames, in 10 minutes, giving a result that approximately 48 liters per extraction. The approximate cost of the system is 5000 dollars as a first prototype, whose value may be less to optimize production, being accessible to small and medium beekeepers.

Keywords: honey extraction automated.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Ecuador el proceso de extracción es artesanal, es decir, se extrae manualmente, provocando así mayor desperdicio de miel, mayor manipulación, tiempo prolongado de producción, agotamiento físico del apicultor, es por ello que la finalidad del proyecto fue tecnificar esta área cuyos beneficios son: incremento del nivel de ingresos con una actividad productiva no contaminante y amigable con

el ambiente, incremento de fuentes de trabajo, optimización de la producción con reducción de las pérdidas de miel por manipulación, obtención de un producto con eliminación de la contaminación por manipulación, incremento de la productividad. El sistema automatizado consta de tres procesos que son: la desoperculación, la centrifugación y el filtrado de la miel de abejas.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Es importante considerar los criterios apícolas y técnicos que se utilizan para el diseño e implementación de un sistema de extracción de miel de abejas, tomando en cuenta las normas que requieren la industria alimenticia. El diseño de la celda consta de algunas etapas que se describen a continuación.

A. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros que se deben tomar en cuenta para iniciar con el diseño son:

- Medidas del marco estandar apicola (Fig. 1.), ya que estos son la base del dimensionamiento de todo el sistema.

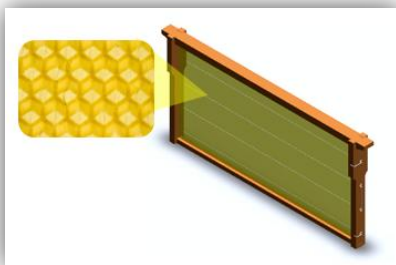


Fig. 1. Marco apícola estándar

- Se debe tomar en cuenta la textura, densidad y características especiales de la miel de abejas, para su correcto procesamiento.

- El material debe ser apto para el area alimenticia.
- La temperatura no debe ser mayor a 60°C ya que se puede perder las propiedades de la miel de abejas.
- La velocidad no debe sobrepasar las 300 rpm para no dañar la cera de los marcos apicolos.

B. ETAPAS DEL SISTEMA

El sistema debe cumplir con las siguientes etapas:

- ✓ Desoperculación: consiste en quitar la cera que cubre la miel en el panal mediante corte (Fig. 2.)

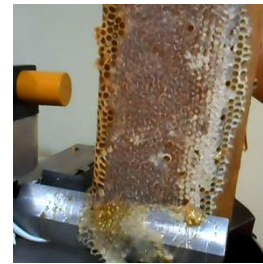


Fig. 2. Desoperculación

- ✓ Centrifugación: consiste en extraer la miel cuando los marcos son ingresados al tambor que mediante la fuerza centrípeta la miel es desprendida de los marcos (Fig. 3.)



Fig. 3. Centrifugación

- ✓ Filtrado: debido a que al extraer la miel queda algunos residuos de cera, estos son filtrados mediante unas mallas muy

finas y de esta manera están listas para el consumo (Fig. 4.)

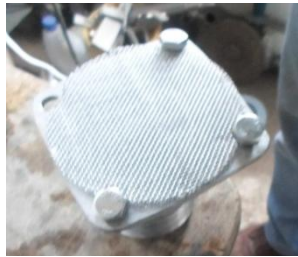


Fig. 4. Filtrado

C. DISEÑO ESTRUCTURAL

Este diseño se lo realiza para la optimización del material en los elementos que están sometidos a mayores fuerzas, los cuales son:

- ✓ Tambor: Es el encargado de mantener en su lugar los marcos apícolas mientras se produce la centrifugación, es por ello que es sometido a las siguientes fuerzas: peso de los marcos, fuerza tangencial, fuerza centrípeta (Fig. 5)

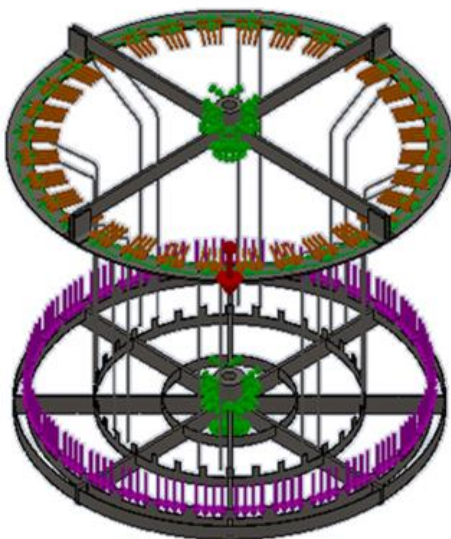


Fig. 5. Asignación de fuerzas del tambor

- ✓ Eje: Es el encargado de sostener al tambor y realizar el movimiento

giratorio mediante el sistema de transmisión de poleas, es por ello esta sometido a las siguientes fuerzas: peso del tambor, fuerza producida por la banda y torsión (Fig. 6)



Fig. 6. Asignación de fuerzas del eje

- ✓ Estructura de soporte: Es la encargada de sujetar al motor, al eje, y al tambor, es por ello que es sometida a las siguientes fuerzas: peso del motor, peso del eje, peso del tambor y la fuerza de la banda (Fig. 7)

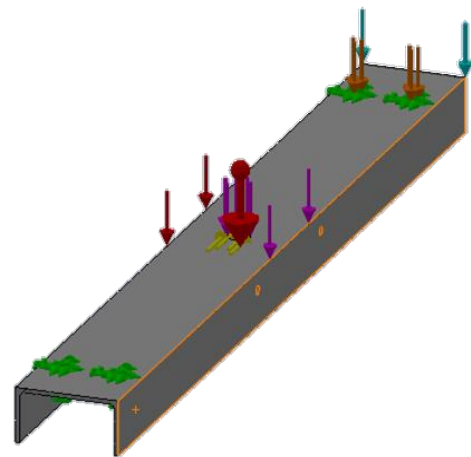


Fig. 7. Asignación de fuerzas de la estructura de soporte

- ✓ Tanque: Es el encargado de soportar todo el peso del sistema de extracción (Fig. 8)

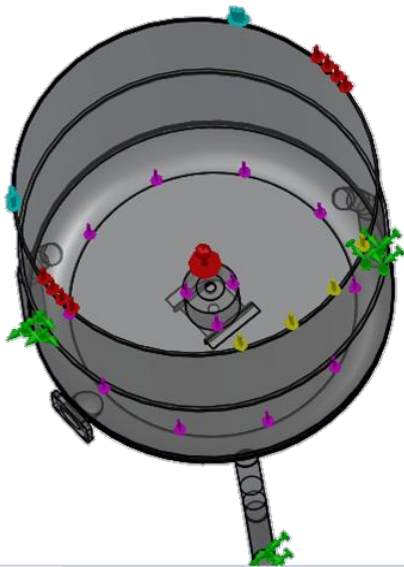


Fig. 7. Asignación de fuerzas del tanque

Este factor de seguridad permitirá el rediseño y análisis estático, ya que cada elemento debe tener un valor por encima del seleccionado (F.S.=2), para que de esta manera pueda ser confiable y seguro, además asegurara que el elemento trabajará en condiciones favorables bajo la carga aplicada, por esto los factores de seguridad son:

- ✓ Tambor: 2,15
- ✓ Eje: 2,72
- ✓ Estructura de soporte: 2,19
- ✓ Tanque: 4,18

D. SELECCIÓN DE ELEMENTOS.

En base a los parámetros de diseño y las etapas del sistema se seleccionó los siguientes elementos:

- ✓ PLC Siemens s7-1200.
- ✓ Pantalla monocromática Siemens KP300
- ✓ Variador de velocidad Siemens SINAMICS G110.
- ✓ Motor Siemens 1LA7 073-6Y A60
- ✓ Sensor capacitivo
- ✓ Resistencias de cartucho
- ✓ Sensor de temperatura LM35
- ✓ Sensor de nivel de boya

E. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Para la automatización del sistema se requiere de entradas/salidas digitales de cada uno de los equipos. Como se muestra en las Fig. 8 al 11.

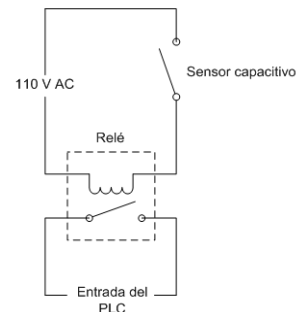


Fig. 8. Conexión del sensor capacitivo

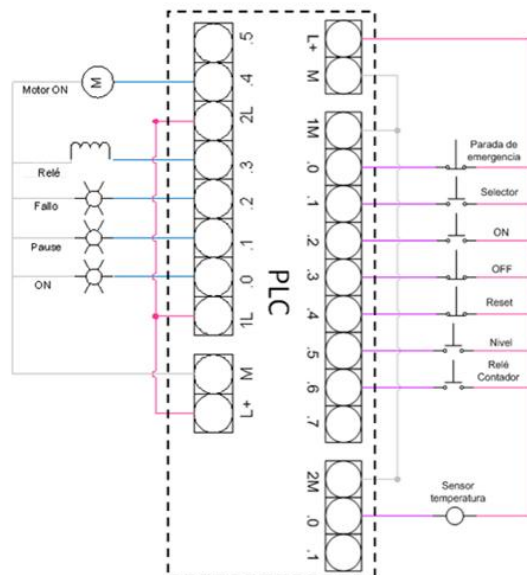


Fig.9. Conexión del PLC

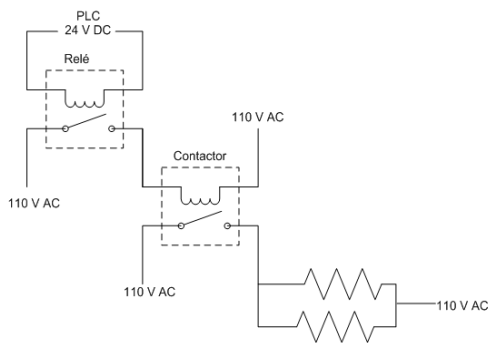


Fig.

10. Conexión de las resistencias

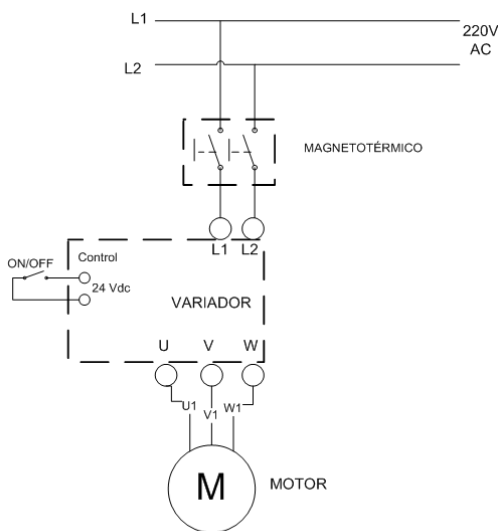


Fig. 11. Conexión motor-variador

F. MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN

Una vez realizado el diseño estructural y seleccionado los elementos eléctricos y electrónicos, se inicia el montaje.

- Implementación mecánica: Es la construcción de los modelos desarrollados durante la fase de diseño, los cuales han sido dimensionados y calculados, para ello es necesario mecanizar, cortar, unir, doblar, soldar y medir la materia prima

que en este caso es acero inoxidable AISI 316 y transformarla en cada uno de los elementos del sistema de extracción (Fig. 12)



Fig. 12. Implementación estructural

- Implementación eléctrica y electrónica: Para ello es necesario instalar los diferentes sensores y actuadores en el sistema, y además colocar un tablero de control para monitorear, visualizar y controlar todo el proceso (Fig. 13)



Fig. 13. Implementación eléctrica y electrónica

III. CONTROL Y MONITOREO

El modelo del sistema es compacto (Ver Fig. 14) y permite realizar el proceso de extracción suprimiendo pasos innecesarios,

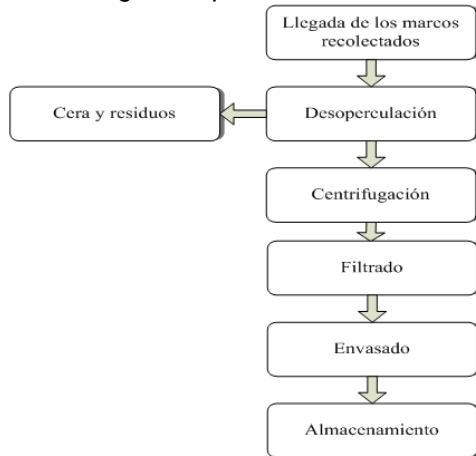
por lo que el diagrama del nuevo proceso es el mostrado en el Fig. 15.



Fig. 13. Implementación estructural

El PLC, la pantalla y el variador deben actuar de manera sincronizada para que así pueda llevarse a cabo todo el proceso de manera óptima, así inicia la programación de estos dispositivos.

Fig. 15: Operación del sistema



A. PLC

El PLC es programado de acuerdo a una secuencia que permita: al encender el sistema, calentar las cuchillas a una temperatura constante de 60°C, contar el número de marcos ingresados y una vez

dada la orden iniciar la centrifugación por un tiempo determinado.

Además, permitir la selección de modo manual o automático, alerta de nivel, paro de emergencia y alertas de riesgo.

B. PANTALLA

La pantalla está programada para poder visualizar los diferentes estados del proceso, como la temperatura a la cual se encuentra las cuchillas, el número de marcos ingresados al tanque, el número de marcos acumulados de anteriores extracciones, el encendido o apagado de los actuadores como el motor y las resistencias y el estado del sensor de nivel.

C. VARIADOR

El variador es parametrizado de acuerdo al motor y programado de acuerdo al funcionamiento que se requiere, como el arranque en rampa para evitar que los marcos se dañen y para que la miel salga paulatinamente.

Además es necesario activar la entradas digitales, para que de esta manera el mando sea realizado a través del PLC.

IV. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROCESO

Las pruebas realizadas a las diferentes etapas del proceso de extracción de miel de abejas validan el diseño ya que se comprueba físicamente todo el funcionamiento, por esta razón es necesario compararlo con un proceso manual y analizar su resultado,

A. Etapa 1: Desoperculación

En la desoperculación es necesario comprobar la factibilidad y eficiencia del corte mediante cuchillas en lugar de los procesos tradicionales, la tabla 1 muestra la comparación del corte de 32 marcos en porcentaje.

Tabla 1: Corte de desoperculación

Corte		
Manual	32 marcos	100 %
Automático	32 marcos	98,72 %

El corte manualmente es más exacto y minucioso, sin embargo, la desoperculación implica además el tiempo y aprovechamiento. De esta manera se tiene la suma del tiempo entre el proceso manual y automático en la Tabla 2.

Tabla 2: Tiempo de desoperculación

Tiempo		
Manual	32 marcos	3 174 seg
Automático	32 marcos	480 seg

Al relacionar el tiempo que tarda la desoperculación manual y automática existe una diferencia de más de 6 veces en la reducción del tiempo.

Si bien es cierto, existe una carencia en el corte automático, sin embargo es compensado al momento del aprovechamiento del producto, ya que el tiempo que tarda en el corte manual es directamente proporcional al desperdicio (ver Tabla 3) que existen en las bandejas de desoperculación además se debe sumar el tiempo que tardan los marcos al ingresar al extractor.

Tabla 3: Desperdicio

Tiempo		
Manual	32 marcos	1,98 %
Automático	32 marcos	1,38 %

El 1,38 % de desperdicio en el proceso automático incluye el desperdicio por la falencia del corte. En porcentaje del corte manual es de 1,98 a este se debe sumar el desperdicio en la espera y lo que queda en las bandejas y recipientes que es de un aproximado de 5 %. De esta manera se tiene un 6,98% a un 1,38% de diferencia en los procesos.

B. Etapa 2: Centrifugación

La centrifugación implica el tiempo de carga de los marcos y de giro en la centrifuga, al compararlo con un extractor radial manual de 8 marcos de capacidad y eje vertical, se obtienen los resultados en la Tabla No. 4.

Tabla 4: Centrifugación manual

Centrifugación manual		
Ingreso	30 seg/ marco	960 seg
Giro	360 seg/ carga	1 440 seg
		2 400 seg

Entonces manualmente se debe centrifugar en 2400 segundos (40 min).

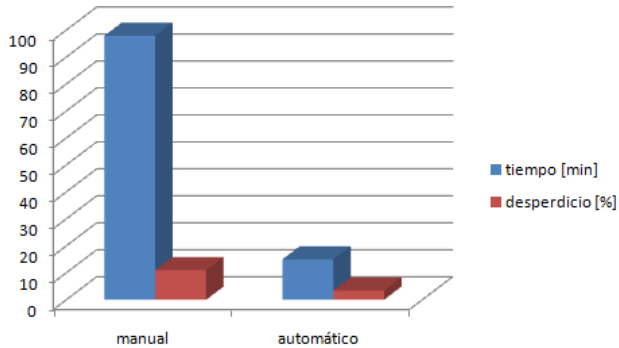
Automáticamente tarda 4 minutos del centrifugado, no existe tiempo de ingreso de los marcos ya que esto se lo realiza en el momento de la desoperculación.

C. Etapa 3: Filtrado

En el filtrado interviene el tiempo y el desperdicio de la miel al pasar de un recipiente a otro, por lo que en el filtrado manual existe un desperdicio de un 2% aproximadamente y el tiempo para que se filtre es de unos 5 min; a diferencia del proceso automático que al mismo tiempo de la centrifugación la miel es filtrada.

En base a las pruebas del proceso por cada una de las etapas podemos relacionar

los principales factores de la eficiencia que son el tiempo y el aprovechamiento de la miel como muestra la fig. 16.



V. CONCLUSIONES

- El tanque, se diseñó para obtener en la misma estructura los procesos principales de la extracción de miel de abejas, es decir, la desoperculación, la centrifugación, el almacenamiento y el filtrado.
- Al pasar por el proceso automatizado de desoperculación la miel no tiene manipulación, lo que asegura su calidad e higiene.
- La cera desoperculada cae en dos bandejas, las cuales se encuentran dentro del tanque evitando el desperdicio de miel en esta parte del proceso.
- La optimización del tiempo en este proceso automático de desoperculación es seis veces más rápido que en el proceso manual, lo que le permite al apicultor aumentar su producción.
- El ingreso de los marcos a la centrífuga es muy fácil y accesible, ya que tiene unas guías que dirigen a los marcos a su posición correcta.
- El proceso automatizado de centrifugación evita que los marcos se destruyan, ya que su velocidad es controlada y va incrementando paulatinamente durante un tiempo designado.
- El proceso automatizado de centrifugación se puede mejorar la vida del apicultor, ya que reduce su esfuerzo físico al no hacer este proceso manualmente.
- El proceso de filtrado se encuentra dentro del tanque en donde se almacena la miel, evitando así al apicultor el paso de la miel de recipiente a recipiente como lo hace manualmente.
- El sistema automatizado de miel de abejas permite que el apicultor ingrese los marcos y sin realizar algún esfuerzo físico obtiene el producto listo para envasar, ahorrándole tiempo, mejora la producción en cuanto a cantidad y calidad, por ende obtiene mayor ganancias y remuneraciones.
- Una vez, culminado todos los puntos propuestos para el desarrollo del sistema automatizado de extracción de miel de abejas, se llega a la conclusión que fue factible la utilización del mismo para todo apicultor, el cual puede ser susceptible de efectuarle ajustes, de acuerdo a los nuevos requerimientos que se tengan en el proceso al ponerlo en marcha.
- El sistema de extracción implementado brinda amplias facilidades para el apicultor artesano ya que proporciona un método sencillo y práctico de realizar el proceso de extracción con ventajas muy relevantes y también da la posibilidad de llevar un control de los marcos

producidos mediante la pantalla del tablero.

- Aplicando este sistema se podría ser más competitivo en el mercado nacional e internacional ya que se aumentaría la extracción de miel en menos tiempo y con una mayor calidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HOOPER, Ted. "Las abejas y la Miel". Albert, Rosa (trad.). Argentina: FLORIDA, 1994. 300 p. ISBN: 950-02-3021-6.
- ROOT, A. I. "ABC y XYZ de la apicultura". McCormick, Virginia (trad.). Argentina: HEMISFERIO SUR, 1990. 723 p. ISBN: 950-504-372-4.
- VICTORIANO ÁNGEL MARTÍNEZ SÁNCHEZ. "Automatización industrial Moderna". Alfaomega, RA-MA (edit.). España: MADRID, 2001. 500 p. ISBN: 84-7897-064-9.
- RAMON PIEDRAFITA MORENO. "Ingeniería de la Automatización Industrial". Alfaomega, RA-MA (edit.). España: MADRID, 2004. 800 p. ISBN: 84-7897-604-3.
- ROBERT L. MOTT. "Diseño de elementos de máquinas". Prentice hall México (edit). Cuarta edición. México: MEXICO, 2006. 944 p. ISBN: 97-8970-2608-127.

BIOGRAFÍA



Oscar Arteaga, nació en Ambato, Ecuador, es Ingeniero Mecánico, estudió Posgrado en Autotrónica, Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación, y Energías Renovables, presta sus servicios profesionales como docente en la Escuela

Politécnica del Ejército desde al año 2000. Mail: obarteaga@espe.edu.ec.



Vicente David Hallo Carrasco, nace en Ambato, Provincia del Tungurahua, en Ecuador, se gradúa como Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en Quito, Ecuador en 1987, obtiene los títulos de magister en Gestión de la Educación en la UTE, en Quito en el 2004, y el de Magister en Energía y Medio Ambiente en la ESPE en el 2007 en Quito. Actualmente es docente a tiempo completo en el área de Eléctrica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE extensión Latacunga, Ecuador. Su Email es vdhallo@espe.edu.ec



Pamela Espejo. Nació el 1 de mayo de 1988 en Ambato provincia de Tungurahua en Ecuador. Es graduada de Ingeniera en Mecatrónica de la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2013. Áreas de Interés: Robótica Industrial, Diseño de Elementos 3D y Automatización. Email: pames.sport@gmail.com



Karen Heredia. Nació el 14 de enero de 1989 en Latacunga provincia de Cotopaxi en Ecuador. Es graduada de Ingeniera en Mecatrónica de la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2013. Áreas de Interés: Programación Industrial y Robótica. Email: krn.herediav@gmail.com