



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELEMÁTICA.

PROYECTO

**Sistema de Monitoreo y Control para Robot Móvil
Aplicado en Agricultura Protegida.**

TEMÁTICA

TECNOLÓGICAS DE LA INFORMACIÓN

AUTOR

ADRIÁN RAFAEL OSNAYA LARA

ASESOR

M. EN C. EVA VALDEZ ALEMÁN

INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	3
2. ANTECEDENTES	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos	9
4. VIABILIDAD TECNICA	10
4.1 CARACTERISTICAS TECNICAS	13
5. VIABILIDAD DEL MERCADO	17

1. RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los sectores más dinámicos en México es el agropecuario, donde se ha mostrado mayor capacidad de competir en los mercados tanto nacionales como internacionales, ocupando el noveno lugar a nivel mundial como proveedor de alimentos, de acuerdo a datos de la SAGARPA 2014. Sin embargo, su crecimiento no ha sido ordenado y presenta serios peligros de perder las ventajas que hasta ahora le han permitido prosperar.

En la República Mexicana, la tasa anual de crecimiento de la agricultura protegida es de 20%, acercándose rápidamente a la superficie que tiene la provincia de Almería, España, una de las más importantes en horticultura protegida con 25,983 hectáreas en producción.

Con esto se genera un avance importante en el sector agrónomo pero a la vez una exigencia de producción más eficaz con altos índices de calidad en los productos, donde el trabajo humano no llega a ser suficiente para lograr este desarrollo y se requiere de tecnología capaz de ayudar en las tareas complicadas, por esta razón los proyectos instrumentados en el sector presentan tasas de sobrevivencia de 60%, debido a la falta de acompañamiento tecnológico, los altos costos de capital, la falta de tecnologías apropiadas a las condiciones particulares de cada cultivo en el país, factores que impiden el incremento de percepción anual.

De acuerdo a lo planteado, se propone una disyuntiva para mejorar y contribuir al crecimiento tecnológico en el sector agrónomo mexicano, implementando en un robot móvil un sistema capaz de monitorear los gases que exhalen los plantíos, determinando así, el estado y calidad de vida en el que se encuentre, además de poder detectar gases de efecto invernadero producidos por los cultivos en invernaderos y el medio ambiente que los rodea.

Todo esto haciendo uso de herramientas electrónicas y robóticas que al trabajar en conjunto puedan crear un prototipo funcional capaz de ejercer y agilizar el trabajo complicado sin necesidad de exponer al agricultor.

Por consiguiente, el robot móvil estará equipado con diversas fases que conformen la creación de un sistema completo de monitoreo y control inalámbrico, con un avance del robot alcanzando desplazamiento libre en la superficie a trabajar, tendiendo la capacidad de evadir los obstáculos que se le presenten y continuar su recorrido generando rutas alternativas donde sea posible continuar en marcha.

El trabajo expuesto mencionado aún no cuenta con alguna patente para protección, sin embargo, este trámite se estará realizando con la finalidad de asegurar la idea y proteger los derechos de autor del trabajo realizado.

Para este proyecto solamente participa un emprendedor, el cuál se encarga de todo el proceso que conlleva tanto la parte administrativa como la ingeniería del prototipo a diseñar y construir, con el apoyo de un asesor de la institución, encargado de guiar y monitorear el avance que se va teniendo el proceso, aportando conocimientos y otorgando diversos puntos de vista que ayuden a la elaboración del proyecto.

2. ANTECEDENTES

En relación con la **agricultura protegida** en México, que considera el área tecnológica, sus instalaciones cuentan con control climático automatizado, riegos computarizados y de precisión de acuerdo a datos de la organización mundial de la propiedad industrial (OMPI).

Los invernaderos modernos son acondicionados con mecanismos y equipos necesarios para controlar temperatura, luminosidad, humedad ambiental y del sustrato, ventilación, aporte de CO² y fertilización.

Actualmente existen máquinas a control remoto que pueden considerarse robots por su estructura y complejidad de los programas de control. Se usan en lugares y situaciones peligrosas para los seres humanos.

Después de realizar una búsqueda a fondo de tecnología con similitud en el mercado nacional como internacional se exponen los productos y prototipos más similares al expuesto en este escrito, cada uno con sus características principales que aportan un enfoque robótico al sector agropecuario y realizan trabajos con la movilidad de una translación libre en la superficie a trabajar.

Para la implementación de robots en la agricultura, la **Universidad de Wageningen**, desarrolla un tractor que funciona de manera autónoma para trabajar en la producción de cultivos hortícolas en extensivo; así como se ha estado desarrollando un robot integral con una plataforma de soporte altamente configurable, modular e inteligente (con sensores, cámaras, pulverizadores, pinzas, etc.) con gran capacidad para adaptarse a las tareas y condiciones dentro del cultivo.

En el laboratorio de Bio-robótica de la **Universidad Tecnológica de Delft**. Está el desarrollo de máquinas que caminan a pie con la mayor apariencia humana. En el sector agrícola podría emplearse en actividades que necesiten desplazamiento como la aplicación de productos fitosanitarios y monitoreo de los cultivos en extensivo o en invernaderos.

El **FitoRobot**, es un robot pulverizador autopropulsado capaz de desplazarse de forma autónoma por las líneas de cultivo, provisto de un sistema de navegación, sensores y un sistema de control de la pulverización que relaciona la presión del tratamiento con la velocidad de desplazamiento del equipo.

El **Case I** ofrece el sistema **AFS Connect** que combina un sistema de posicionamiento global, ordenadores y tecnología de comunicaciones inalámbricas para gestionar el negocio agrícola, disponiendo de la información de la máquina trabajando en tiempo real, tanto agronómica como del lugar de trabajo, para todas las máquinas conectadas al sistema.

La **Universidad Autónoma de Chiapas**, trabaja con un **Robot autónomo con capacidades de geolocalización y control remoto**. El robot utiliza tracción diferencial compuesta por dos ruedas que funcionan de forma independiente. El sistema de comunicación está compuesto por un módulo Bluetooth. Un acelerómetro monitorea continuamente los desplazamientos realizados por el robot. La lógica de control está implementada en un dispositivo lógico programable (FPGA). El robot cuenta con una cámara de video, la cual captura imágenes de la zona observada y son transmitidas al módulo receptor a través de la comunicación Bluetooth.

3. JUSTIFICACIÓN

La agricultura protegida nace como una necesidad para la producción de alimentos en regiones con problemas agro-climáticos, como parte de una cadena de valor, constituye una alternativa para enfrentar retos como el cambio climático que afecta directamente los recursos naturales y las especies vegetales de importancia económica, la crisis mundial de los alimentos, la competencia global por los mercados y la exigencia creciente de los consumidores por alimentos inocuos, de tal manera que esta tecnología se desarrolló para proteger a todos los cultivos de las inclemencias del tiempo, de plagas, enfermedades y de las emisiones de gas de efecto invernadero.

Así como también el uso intensivo de maquinaria, plaguicidas y otros productos agroquímicos que aumenta los riesgos de salud a los agricultores, causando intoxicación por mencionar alguno. De igual forma, una persona enferma puede producir un contagio a un plantío desde una simple gripa, perjudicando así, a todo el cultivo.

Es preciso actuar de manera preventiva para reducir la vulnerabilidad en los sectores y áreas con posibles afectaciones e iniciar proyectos como el expuesto en este trabajo, para el desarrollo y adaptación de tecnología electrónica y robótica que contribuyan al mejoramiento de estos problemas y aumenten la producción que permita competir globalmente con otros países.

Se ha revisado que en México no existe un sistema robotizado multitareas incorporado para ejercer actividades de monitoreo en el terreno protegido; sí hay sistemas de invernaderos que son automatizados para el riego, el control de temperatura, pero aún falta lograr un sistema integral autónomo.

Se cuentan con los conocimientos de robótica, con los dispositivos que se pueden implementar en el robot, el siguiente paso es realizar las investigaciones para un cultivo en específico con el fin de que, con ayuda de la robótica realicen las tareas adecuadas y lograr ayudar a contribuir con la mejora de la problemática planteada.

De aquí el interés de realizar esta investigación para contribuir con la aplicación de la robótica en la agricultura; y así lograr un sistema completamente autónomo aportando un nuevo enfoque tecnológico para la implementación del sector agropecuario, ya que con la robótica y las nuevas tecnologías se espera mejorar las tareas de la agricultura, aumentar la productividad y calidad de los cultivos, siendo los principales beneficiados los agricultores del Estado.

3.1 Objetivo general

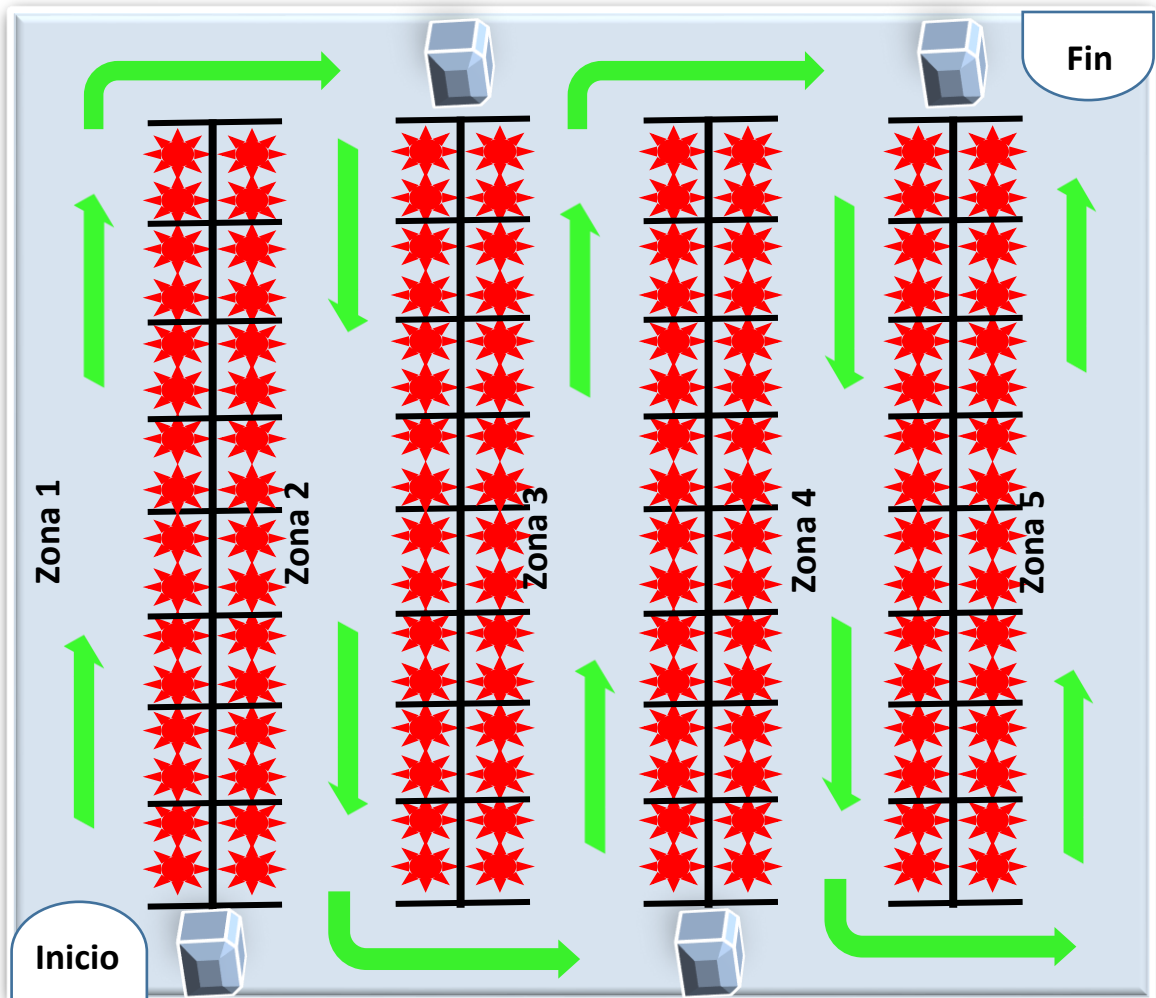
Diseñar, construir y programar un prototipo de robot móvil autónomo, implementando un sistema de monitoreo y control inalámbrico, con la capacidad para detectar gases y variables físicas dentro la agricultura protegida (AP), que logre alcanzar un libre desplazamiento entre los surcos mediante un algoritmo de evasión de obstáculos y visualizando la información desde una plataforma de interfaz visual y posicionamiento global vía GPS. Con la finalidad de crear un sistema robótico arquetipo funcional, que sirva de base para una nueva propuesta tecnológica en la agricultura protegida

3.2 Objetivos específicos

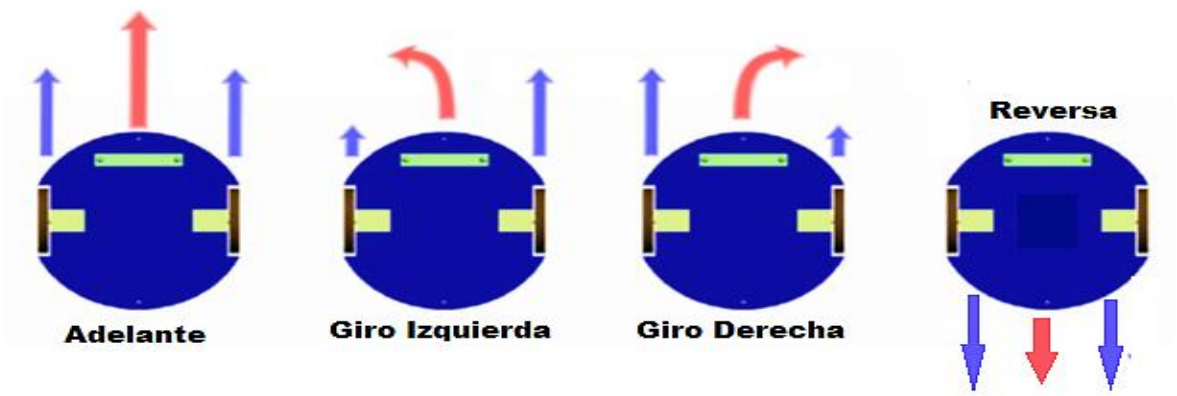
- ✚ Hacer una exploración previa de los sectores agrónomos en México con mayor impacto de AP donde será propuesta la implementación del robot prototipo.
- ✚ Diseñar y construir una etapa de potencia requerida para las ruedas del robot móvil.
- ✚ Realizar una programación para el avance, movimiento y velocidad del robot.
- ✚ Seleccionar, acondicionar y caracterizar los sensores utilizados para monitoreo en el cultivo.
- ✚ Realizar los algoritmos de programación para incorporar todos los sensores y configuración del movimiento del robot en un solo firmware con el soporte de hardware y software de Arduino como propuesta inicial para el prototipo.
- ✚ Implementar en el firmware del robot móvil las redes de comunicación necesarias para el envío y recepción de datos inalámbricos, así como el banderillero satelital para el seguimiento del recorrido.
- ✚ Diseñar interfaz hombre – máquina para obtener los datos provenientes del robot móvil, así como su control para arranque o paro.
- ✚ Diseñar y construir un circuito electrónico donde englobe todos los sensores, la tecnología inalámbrica y los drives necesarios para las llantas del robot móvil.
- ✚ Diseñar PCB (*printed circuit board*) implementando todo el firmware para montarlo en el chasis del robot.
- ✚ Realizar pruebas en campo para validar el sistema y realizar posibles modificaciones.

4. VIABILIDAD TECNICA

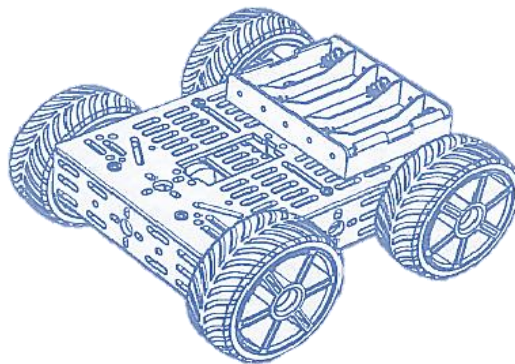
El jitomate es uno de los principales cultivos bajo agricultura protegida en México. Por esta razón se diseñó una propuesta de ambiente para establecer el entorno donde se realizará esta aplicación tecnológica, tomando como base las dimensiones reales de un invernadero con sembradío de jitomate. Todo esto con la finalidad de establecer una ruta de inicio y fin para el recorrido del robot móvil, evadiendo los obstáculos que encuentre en el camino, determinar el estado en que se encuentre el cultivo y almacenando la información proveniente de un GPS para conocer la zona exacta donde se encuentra el cultivo en mal estado o el área perjudicada.



Después de seleccionar el ambiente en donde se implementará el robot, se decretó utilizar un movimiento de tracción diferencial para un eficaz recorrido a través de los surcos en terreno agrícola, la cual es una configuración muy común para sistemas utilizados en interiores, debido a que permite al robot girar sobre su propio eje, así el robot puede moverse en espacios congestionados con cierta facilidad. La tracción diferencial utiliza dos ruedas controladas individualmente.



Como parte de una propuesta simple para demostrar el principio de funcionamiento de un robot móvil, se adquirió un chasis de material metálico previamente armado, el cual cuenta con moto reductores para ofrecer mayor torque en el avance del robot y la capacidad de soportar un peso máximo hasta de 6 kilos, permitiendo implantar toda la electrónica necesaria para su funcionamiento, además de su fuente de alimentación para suministrar energía a todo el sistema robótico.



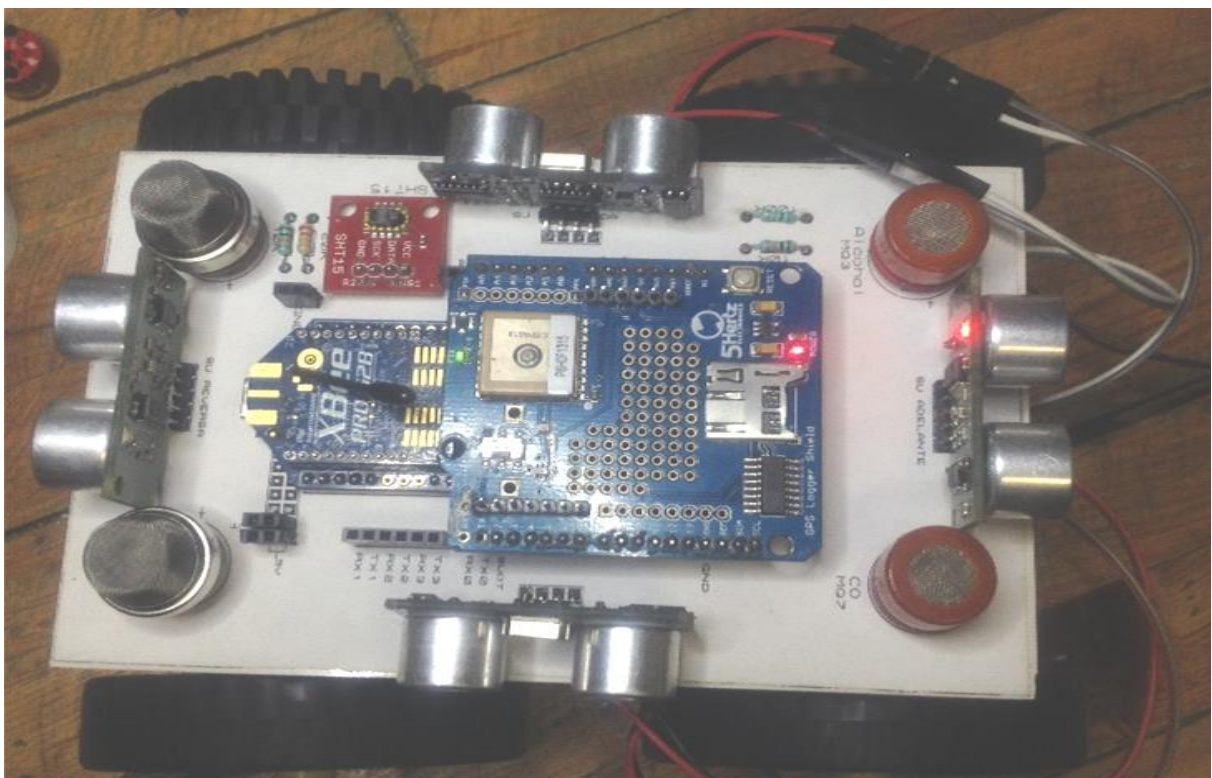
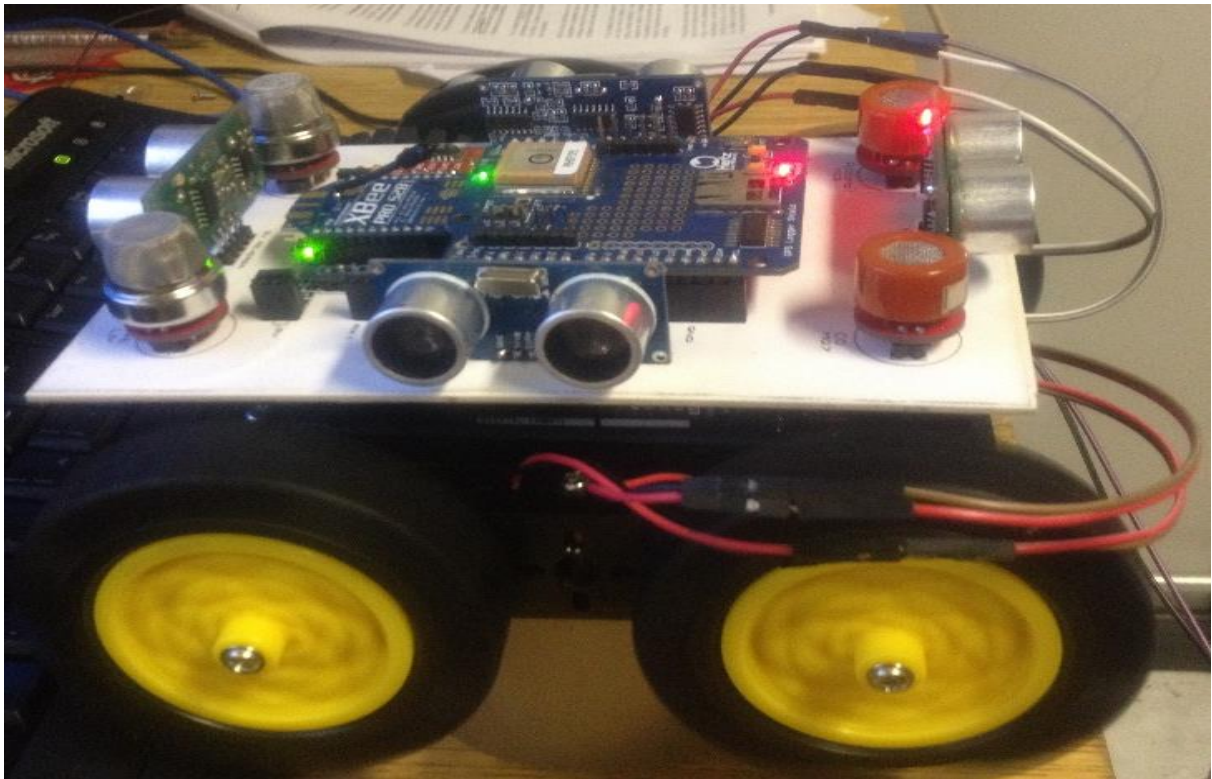
4.1 CARACTERISTICAS TECNICAS

El diseño de hardware en conjunto con el algoritmo de programación del firmware desarrollado para el microcontrolador crea diversas como lo son:

1. El sistema es completamente inalámbrico (monitoreo, medición de variables – transmisor y un dispositivo de control receptor – ordenador).
2. El robot se alimenta de una batería con tecnología Lipo a 7 volts logrando trabajar 1 hora continuamente a un ritmo constante.
3. El enlace de comunicación inalámbrico se encuentra aislado de interferencia por poseer un identificador de trabajo para área personal.
4. El robot tiene la particularidad de evadir obstáculos y tomar la decisión de rotar a la dirección donde se encuentre un libre transitorio.
5. El sistema de localización satelital tiene la particularidad de almacenar los datos provenientes de su ubicación con hora y fecha para su posterior análisis en el mapeo del recorrido realizado.
6. Para controlar la velocidad, el avance o paro del robot general, además de visualizar las variables físicas medidas en el medio ambiente se hace uso de una interfaz visual, para el usuario que se encuentre manipulando el robot en el terreno agrícola.



7. Todo el hardware es incorporado en el chasis del robot hecho a la medida para hacerlo simétrico en todas sus dimensiones.



En la siguiente tabla se muestran los diversos materiales que se requieren para una línea de producción para su manufactura. Los precios enlistados se establecen en moneda nacional mexicana (MXN).

MATERIAL	PRECIO
Soldadura 500 gr. Leadfree	\$300.00
Flux 100 ml.	\$50.00
Alcohol isopropilico (1Lt.)	\$97.00
Cinta Canela	\$15.00
Regla 30 cm.	\$20.00
Juego de Caimanes	\$30.00
Termofit 1/8 in (1 metro)	\$10.00
Mascara antisoldante (1Lt.)	\$400.00
Conformal coating (1(Lt.)	\$400.00
Pegamento Liquido Kola-Loca	\$20.00
Cinta de aislar 9m.	\$10.00
Cinta Canela	\$15.00
Pasta para desoldar 60 gr.	\$25.00
Sellador de silicona	\$15.00

La cantidad de materia prima e insumos para la fabricación en la línea de producción de la empresa, se monta de acuerdo a la cantidad de prototipos para fabricación. A continuación, se muestra una tabla que indica la cantidad de componentes que se requiere para producir un kit del robot móvil.

N. O	ESPECIFICACION DEL MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	Importe
1	Arduino Mega ADK	Pza.	1	\$1000.00 MXN	\$1000.00 MXN
2	XBee Pro 63mW Wire Antenna - Series 2B	Pza.	2	\$778.05 MXN	\$1556.01 MXN
3	Bateria Lipo 850 mah 11.1v Zippy Pila Recargable	Pza.	1	\$228.00 MXN	\$228.00 MXN
4	TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier	Pza.	4	\$94.05 MXN	\$376.20 MXN
5	Header para Arduino 10 Pines	Pza.	20	\$10.00 MXN	\$200.00 MXN
6	Cable de pines hembra-hembra 100mm - 10 piezas	Pza.	1	\$15.00 MXN	\$15.00 MXN
7	Cable de pines macho macho 100mm - 10 piezas.	Pza.	1	\$15.00 MXN	\$15.00 MXN
8	Alcohol Gas Sensor - MQ-3	Pza.	1	\$138.00 MXN	\$138.00 MXN
9	Monoxido de Carbono Gas Sensor MQ-7	Pza.	1	\$187.75 MXN	\$187.75 MXN
10	Metano Gas Sensor MQ-4	Pza.	1	\$143.00 MXN	\$143.00 MXN
11	LPG Gas Sensor MQ6	Pza.	1	\$146.00 MXN	\$145.00 MXN
12	Placa fenólica fibra de vidrio FR4 15 X10 cm.	Pza.	1	\$22.80 MXN	\$22.80 MXN
14	Tarjeta Interfaz para sensores de Gas	Pza.	4	\$20.00 MXN	\$240.00 MXN
15	Sensor Digital de humedad y temperatura	Pza.	1	\$672.00 MXN	\$672.00 MXN
16	Sensor ultrasónico de proximidad	Pza.	4	\$280.00 MXN	\$1120.00 MXN
17	GPS shield	Pza.	1	\$645.00 MXN	\$645.00 MXN
18	Micro SD 16 GB HS	Pza.	1	\$88.00	\$88.00 MXN
TOTAL					\$6391.75 MXN

Las herramientas a utilizar para la fabricación del producto se enlistan en la siguiente tabla. Los precios unitarios se establecen en moneda nacional (MXN).

HERRAMIENTA	PRECIO
Tijeras	\$60.00
Cutter profesional	\$35.00
Desarmadores de precisión	\$250.00
Taladro reversible	\$1500.00
Dremmel 4000	\$2000.00
Estación de Cautín	\$2500.00
Atril para circuitos impresos	\$50.00
Hojas tranfer para circuitos	\$70.00
Lampara de leds	\$300.00
Pulsera antiestática	\$30.00
Extractor de soldadura	\$35.00
Pinzas de punta	\$150.00
Pinzas de corte	\$120.00
Pinzetas	\$100.00

5. VIABILIDAD DEL MERCADO

El producto “Robot Móvil para agricultura protegida” está dirigido a empresas del sector agropecuario, así como a grandes y pequeños agricultores del estado que cuenten principalmente con invernaderos.

De igual forma se puede ofrecer el producto a empresas transnacionales que cuenten con enormes sectores de hectáreas de cultivo y se encuentren familiarizados con las innovaciones tecnológicas para un mayor índice de calidad en sus productos.

Características del consumidor final

Todo agricultor que tenga un invernadero para cualquier cultivo, en específico para cultivo de jitomate que tengan como prioridad tener los mejores productos con el cuidado debido para incrementar ganancias y aumentar la producción.

Proveedores

Para obtener una evaluación de los diversos proveedores de materia prima e insumos para la empresa, se realizó una puntuación del 1 siendo pésimo al 10 excelente de distintos aspectos a considerar.

Proveedor	Calidad	Precio	Pago	Distancia	Atención	Entrega	Total
AG	9	9	9	5	9	9	50
STEREN	9	8	10	5	9	9	50
330 OHSM	9	9	8	5	9	9	50
ROBODACTA	9	7	8	2	9	9	44
DIGIKEY	10	10	8	2	9	7	46
MOUSER	9	7	8	2	9	7	42

La tabla únicamente contiene a los proveedores de material electrónico, esto con la finalidad de llevar a cabo una comparación entre ellos, sin embargo, para los proveedores de algún otro material o insumo se suprimió esta puntuación ya que estos son proveedores únicos como el caso de:

PCB DE MEXICO S.A DE C.V

Proveedor de circuitos impresos

SIMAD S.A DE C.V

Proveedor de gabinetes y piezas metálicas