

## Diseño a escala de cortinas automáticas en el “invernadero lavara” (enero de 2022)

Lavara Serrano Nayeli, López Romero Alejandro, Pardo Rosas Elioenai, Ing. Aranda Martínez Juan Carlos, Mtra. Pacheco Marín Angélica

**Resumen** - El presente artículo está basado en el estudio y diseño de una cortina automática, dicho proyecto se llevó a cabo en los perímetros de San Martín Atexcal, Puebla, a través de materiales resistentes y accesibles para la empresa “Invernadero Lavara”, con la finalidad de prevenir lesiones en los operarios y ser más eficientes en el cuidado del trabajador, al mismo tiempo realizar el aprovechamiento de los recursos necesarios para el crecimiento adecuado de la planta.

**Índice de Términos** – Invernadero, ergonomía, lesión.

### I. INTRODUCCIÓN

La automatización es el uso de las tecnologías para poder realizar actividades sin la intervención de la mano humana. En unión con la ergonomía, se pueden crear artefactos que le sirvan al operario para poder realizar actividades de manera correcta y con ello prevenir lesiones.

En la siguiente investigación se da el uso de esta combinación de ciencia y tecnología con la finalidad de

presentar una propuesta de mejora a la empresa “Invernadero Lavara”, para ello fue necesario realizar la medición de la fuerza centrándose en las cortinas del invernadero, para poder determinar si en realidad esta acción estaba causando malas posturas y exceso de fuerza en el operario. Se utilizó el Método de estudio ergonómico OWAS con el cual se llegó a la conclusión y consolidación de la propuesta de mejora de esta investigación.

#### A. *Objetivo general*

Diseñar y construir una maqueta a escala del Invernadero Lavara con la implementación de las cortinas automáticas, en el periodo “Octubre-Diciembre 2021”, con la finalidad de presentar una propuesta de mejora a dicha empresa.

#### B. *Objetivos específicos*

- Diseño de una maqueta a escala del Invernadero Lavara.
- Implementación de cortinas automáticas.
- Análisis a las cortinas automática

#### C. *Hipótesis*

La implementación de cortinas automáticas dentro de un invernadero facilita las labores del operario, es decir, disminuye el esfuerzo físico que realiza al momento de levantar las mismas, reduce el riesgo de sufrir alguna lesión y ahorra tiempos que pudiesen ser aprovechados en cualquier otra actividad.

El presente trabajo está basado en una investigación

---

Documento recibido el 23 de febrero de 2022. Este trabajo fue apoyado en parte por el Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. Nayeli Lavara Serrano es alumna del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. (Tel. 238-165-96-08, email: nayelilavserrano21@gmail.com)

Alejandro López Romero es alumno del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. (Tel. 224-100-61-05, email: alelopezro27@gmail.com)

Elioenai Pardo Rosas es alumna del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez. (Tel. 222-663-48-73, e-mail: elio8448@gmail.com)

Juan Carlos Aranda Martínez es docente del I.T.S.T.R (Tel. 224-105-40-53, email: dearandasl@gmail.com)

Angélica Pacheco Marín es docente del I.T.S.T.R (Tel. 222-667-88-99, email: angelicapachecomarin@gmail.com)

de tipo aplicada, es decir, está enfocada en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y por ende para el enriquecimiento del desarrollo científico o bien, principalmente en resolver un determinado problema.

Por lo cual se formula la pregunta de investigación: ¿Qué factores ergonómicos intervienen en la empresa “Invernadero Lavara” para que el operario no realice de manera correcta la actividad de subir las cortinas del invernadero?

**D. Justificación**

La falta de un mecanismo de cortinas automáticas, para mayor eficiencia en el cuidado de la planta y mayor producción de Tomate Roma, así como el confort y ahorro de tiempos del operario a la hora de realizar sus actividades.

**II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

**A. Micro localización**

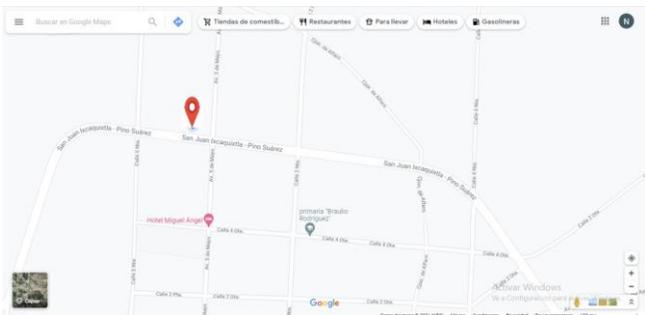


Fig. 1. Croquis de San Martín Atexcal, Puebla. Fuente: <https://www.google.com.mx/maps/@18.4053835,-97.7331502,13z>

**B. Macro localización**

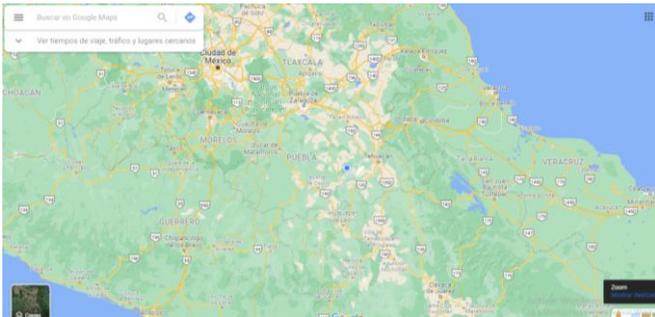


Fig. 2. Fuente: <https://www.google.com.mx/maps/@18.4053835,-97.7331502,8z>

La empresa “Invernadero Lavara” está ubicada a un costado de la carretera a Tehuacán en San Martín Atexcal, Puebla.

Esta empresa se dedica al cuidado durante el

crecimiento y venta del tomate Roma.

Dicha empresa se encarga de vender su producto (tomate Roma) por menudeo dentro de la Región Mixteca. Su principal punto de venta es: Plaza Moralillo, ubicada en Tepexi de Rodríguez Puebla.

El producto principal para venta es el tomate Roma ya que es uno de los más consumidos en la región, lo cual conlleva a una gran demanda del mismo.

Tal empresa cuenta con un total de 5 trabajadores, con un horario de 1:00 pm - 8:00 pm, dependiendo de las tareas a realizar.

Los trabajadores no cuentan con un equipo de seguridad al momento de ingresar.

**C. Organigrama**

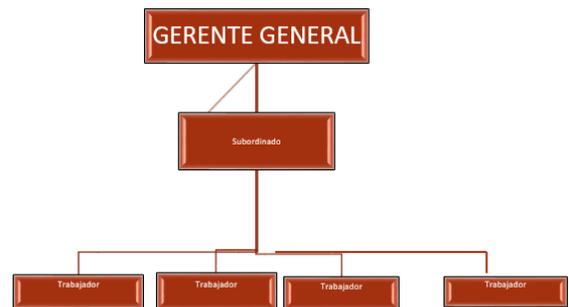


Fig. 3. Organigrama de Invernadero Lavara. Fuente: Equipo de trabajo

**D. Diagrama de recorrido**

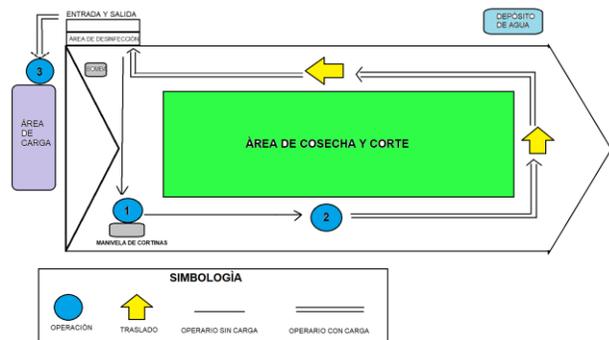


Fig. 4. Diagrama de Recorrido de Invernaderos Lavara. Fuente: Equipo de trabajo

**III. ANTECEDENTES GENERALES**

Un invernadero se trata de un lugar cerrado, estático y accesible a pie, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de plástico, dentro del cual se puede obtener un microclima mediante el control de la temperatura, de la humedad y de otros factores ambientales, además, se pueden proporcionar sistemas automáticos de riego y ventilación, lo cual se utiliza para la producción de cultivos de forma controlada.

Dentro de los principales beneficios de un invernadero podemos encontrar: la precocidad en el crecimiento de

los frutos, permite la producción fuera de época, ahorro de agua y fertilizantes, facilita el control de insectos y plagas, etc. [1]

Por tanto el proyecto “Diseño a escala de cortinas automáticas en “invernadero Lavara” está basado en la mecanización del uso de las mismas para el invernadero, implementando características ergonómicas, teniendo como resultado el bienestar físico del operario.

#### IV. MARCO TEÓRICO

La Asociación Internacional de Ergonomía (IAE), definen la ergonomía como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los otros elementos de un sistema.

Es la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar un sistema a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema. [2]

La asignatura Ergonomía surge a partir de su importancia en la práctica del diseño industrial en el desarrollo de sistemas persona, producto y entorno. La Ergonomía persigue incrementar a través del análisis reflexivo, la investigación y desarrollo proyectual una buena aplicación de sus factores, tan importante en el diseño; mejorando el bienestar, la salud, la seguridad, la protección y el confort de las personas, como también del entorno, la organización y los puestos de trabajo que exigen un sistema diseñado en función de conceptos de salud y ergonomía. [3]

##### A. Normas

Una norma es una Especificación Técnica, establecida con la cooperación y el consenso o la aprobación general de todas las partes interesadas, basada en los resultados conjuntos de la ciencia, la tecnología y la experiencia para regular las especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieren a su cumplimiento o aplicación. [4]

La NOMX-E-255-CNCP-2008 establece las condiciones de acuerdo a la ubicación y la estructura dentro de la República Mexicana sobre el diseño de invernaderos.

La NOM-036-1-STPS-2018 establece los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo

derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir alteraciones a la salud de los trabajadores.

La NOM-007-STPS-2000 establece las condiciones de seguridad con que deben contar las instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas utilizadas en las actividades agrícolas para prevenir riesgos a los trabajadores.

La NOM-022-STPS-1999 establece las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para prevenir los riesgos por electricidad estática.

La NOM-001-SEDE-1999 establece las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobre corrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizará el uso de la energía eléctrica en forma segura.

##### B. Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición requeridos en la realización de ésta práctica son los siguientes:

1) Sonómetro: mide de forma directa el nivel de presión sonora de un ruido, ya sea instantáneo (sonómetro convencional) o promediado en el tiempo presenta la lectura en decibelios (dB). [5]

El sonómetro es un instrumento de medida destinado a las medidas objetivas y repetitivas del nivel de presión sonora. Por su precisión, los sonómetros se clasifican en sonómetros patrones (Tipo 0), de precisión (Tipo 1), de uso general (Tipo 2) y de inspección (Tipo 3). Debe ser diseñado de tal forma que responda a las frecuencias como el Oído Humano Internacional IEC 651., y muestre el nivel sonoro en dB. A este fin las ondas sonoras que son recibidas por el micrófono pasan a un filtro de evaluación de frecuencia a través de un preamplificador. Este filtro de evaluación garantiza que el dispositivo mida las ondas sonoras de la misma forma que las recibe el oído humano. [6]

2) Luxómetro: sirve para la medición de luz en la industria, la agricultura y la investigación. También se utiliza el luxómetro para determinar la iluminación en puestos de trabajo, decoraciones de escaparates y por parte de diseñadores. (Ibérica) Se trata de un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx). Contiene una célula

fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes. [7]

3) Longímetro: se emplea para medir y calcular las mediciones longitudinales a través del metro o kilómetro. [8]

4) Dinamómetro: es utilizado para medir la magnitud de las fuerzas realizadas. A través de su correcto uso, permite medir las fuerzas que realiza una persona (trabajador o trabajadora), al momento de empujar y arrastrar carga. También permite determinar el peso de un objeto o carga y las fuerzas del levantamiento. [9]

Se trata de un dispositivo de medida de fuerza que integra un mismo elemento tanto el sensor de Fuerza (eléctrico o electromecánico) y un dispositivo electrónico que dotan al instrumento de diferentes funciones interesantes para el usuario (valores mínimos y máximos, cambio de resolución, cambios de unidad,...). El sensor puede estar integrado en el mismo dinamómetro o cuando supera los 1.000 N, por temas de seguridad, suele ser externo conectado al indicador mediante un cable u otra conexión inalámbrica. [10]

## V. METODOLOGÍA

### A. MEDICIONES ERGONÓMICAS

Se realizaron medidas con el Dinamómetro, para poder medir la fuerza que los operarios ejercen sobre la manivela, al subir y bajar las cortinas del invernadero, con ello se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA I

RESULTADOS DE MEDICIONES CON DINAMÓMETRO

Instrumento	Resultado mayor	Resultado menor	Resultado promedio
Dinamómetro	6 N	4N	5.05 N



Fig. 5. Evidencia de la medición con el Dinamómetro. Fuente: Equipo de trabajo

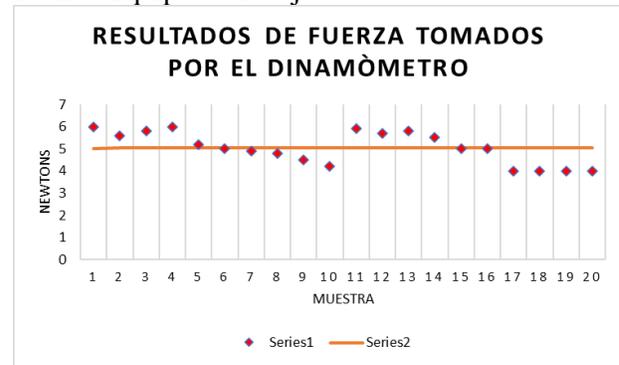


Fig. 6. Gráfica de Dispersión de resultados de la toma de muestras con el dinamómetro. Fuente: Equipo de trabajo

En la gráfica mostrada (Fig. 6) se observa a detalle los resultados de fuerza obtenidos con el dinamómetro, en la misma se identifica que los resultados se encuentran cerca de la línea central la cual es el promedio obtenido de todos los resultados.

### B. MÉTODO OWAS

Este método sirve para observar las diferentes posturas que adopta un operario en la realización de una actividad, en este caso es de vital importancia conocer la postura que adopta el trabajador al momento de levantar las cortinas en el invernadero.

#### 1) Determinación del tipo de tarea.

La actividad desarrollada por el operario requiere de una evaluación simple, ya que el estudio de la misma en esta enfocado solo en esta actividad (manipular cortinas del invernadero).

Tiempo de observación de la tarea y frecuencia de observación del muestreo.

Para comenzar la aplicación de este método se observó al trabajador durante su jornada laboral, la cual comienza

#### Posición de las piernas

#### Código

#### De pie con las dos piernas rectas

Las dos piernas rectas y con el peso equilibrado entre ambas



2

a partir de las 2:00 p.m. y termina a las 7:00 p.m., el tiempo que se le asignó a la observación y colecta de datos fue de 20 minutos, siendo este el tiempo mínimo recomendado por el Método OWAS para una correcta colecta de datos, la frecuencia de muestreo fue de 60 segundos, ya que dicha actividad no presento diversidad de posturas.

Codificación de la postura observada:

**TABLA II**  
**CODIFICACIÓN DE POSTURA EN BASE AL MÉTODO**  
**OWAS. . FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO**

	Espalda	Brazos	Piernas	Carga
	1	2	2	1

A continuación, se muestra la explicación de cada codificación mostrada en la tabla anterior respecto al Método OWAS.

**TABLA III**  
**POSICIÓN DE ESPALDA EN BASE AL MÉTODO OWAS.**  
**FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO**

**TABLA IV**  
**POSICIÓN DE BRAZOS EN BASE AL MÉTODO OWAS. .**  
**FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO**

**TABLA V**  
**POSICIÓN DE PIERNAS EN BASE AL MÉTODO OWAS. .**  
**FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO**

**TABLA VI**  
**CARGA O FUERZA EN BASE AL MÉTODO OWAS. .**  
**FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO**

Carga o fuerza	Código
Menos de 10 kg 	1

cada una de estas establece prioridad de posibles acciones correctivas

**TABLA VII**  
**CATEGORÍAS DE RIESGO Y ACCIONES CORRECTIVAS EN**  
**BASE AL MÉTODO OWAS. . FUENTE: EQUIPO DE**  
**TRABAJO**

Categoría de Riesgo	Efecto de la postura	Acción requerida
1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético.	<b>No requiere acción.</b>
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	<b>Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.</b>

**Posición de la espalda**

**Espalda derecha**



**Código**

1

**Posición de los brazos**

**Un brazo bajo y el otro elevado**

Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros



2

3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	<b>Se requieren acciones correctivas lo antes posible.</b>
---	---	--

**C. CÀLCULO DEL RIESGO**

Una vez registrada la postura que adopta el operario, se evalúa la categoría de Riesgo de cada una de ellas. El método OWAS se encarga de asignar una categoría de riesgo a cada postura según su Código de Postura. En la siguiente tabla se muestran las categorías de riesgo numeradas del 1 al 4 dependiendo del efecto que tiene la postura sobre el sistema músculo-esquelético, al igual

<b>4</b>	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	<b>Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.</b>
----------	---	---

Para conocer a que Categoría de riesgo pertenece cada postura se muestra la siguiente tabla, en la cual, con el conjunto de Códigos de postura, se le asigna la Categoría de riesgo a la que pertenece.

**TABLA VIII**  
CATEGORÍAS DE RIESGO POR CÓDIGOS DE POSTURA EN BASE AL MÉTODO OWAS. . FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

		Piernas			1			2			3			4			5			6			7					
		Carga																										
Espalda	Brazos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4	2	3	4	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	4	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	

Ya que se obtuvo cada una de las categorías de riesgo de cada postura es necesario determinar la frecuencia relativa de cada posición adoptada por el operario. Con la ayuda de la siguiente tabla en la cual se muestra dicha frecuencia se puede determinar qué partes del cuerpo soportan una mayor incomodidad y pueden tomarse medidas correctivas.

Para obtener la frecuencia en cada una de las posiciones que adopta el operario, se muestran el total de muestras tomadas y los resultados en porcentaje.

**TABLA IX**  
CÁLCULO DE LA FRECUENCIA RELATIVA EN PORCENTAJE POR POSICIÓN. . FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Postura	Total, de muestras tomadas	Muestras con espalda derecha	Frecuencia en porcentaje
<b>Espalda (Espalda derecha).</b>	80	70	87.5 %
<b>Brazos (Un brazo bajo y el otro elevado).</b>	80	75	93.75 %
<b>Piernas (De pie)</b>	80	80	100 %

**TABLA X**  
CATEGORÍAS DE RIESGO POR CÓDIGOS DE POSTURA. . FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

		Frecuencia Relativa										
		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%	
ESPALDA	Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Espalda doblada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Espalda con giro	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Espalda doblada con giro	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
BRAZOS	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	
PIERNAS	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	

Con los datos obtenidos del método OWAS podemos decir que los invernaderos cumplen con la NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el

Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas, la cual señala las maneras correctas de colocarse en el momento de ejercer fuerza o mover algún objeto pesado en caso de ser necesario. La postura que adopta el operario al momento de ejercer fuerza es correcta, excepto los brazos, ya que con la frecuencia que presenta puede sufrir una lesión musculoesquelética.

## VI. RESULTADOS

Para la elaboración de la maqueta de propuesta de mejora se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: Escala 1:50 para medidas generales de la maqueta. Base de madera con un grosor de un 1 cm. Materiales ligeros y resistentes para la estructura. Motor de 1.5 voltios que por medio de un popote realizaba la simulación de la cortina automática.



Fig. 7. Diseño a escala de la empresa “Invernadero Lavara”. Fuente: Equipo de trabajo



Fig. 8. Presentación del diseño a escala de la empresa “Invernadero Lavara”. Fuente: Equipo de trabajo.

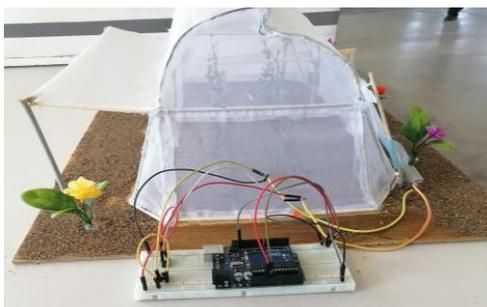


Fig. 9. Mecanismo utilizado en el diseño a escala del “Invernadero Lavara” para el levantamiento de la cortina. Fuente: Equipo de trabajo

En la fig. 9 se muestra el mecanismo utilizado para controlar el voltaje con el cual el motor sube y baja la cortina.



Fig. 9. Prueba del levantamiento de la cortina en el diseño a escala de la empresa “Invernadero Lavara”.

Fuente: Equipo de trabajo

En la prueba de levantamiento el motor funciona de manera correcta, no presentó ninguna anomalía en su funcionamiento, teniendo como resultado una propuesta de mejora exitosa.

## VII. CONCLUSIÓN

Finalmente podemos decir que la implementación de las cortinas automáticas es de gran importancia, ya que transforma el ambiente del trabajador en uno más seguro, por consiguiente disminuye el riesgo de sufrir algún tipo de lesión al operario, por otro lado es más eficaz pues permite el ahorro de tiempos al momento de subir y bajar dichas cortinas.

## RECONOCIMIENTO

Queremos agradecer a nuestras familias por brindarnos su apoyo incondicional en todo momento, por guiarnos hacia el camino correcto, pues han sido parte fundamental para la realización de este proyecto.

De igual manera nuestros más sinceros agradecimientos al Ing. Juan Carlos Aranda Martínez y a la Mtra. Angélica Pacheco Marín, docentes del Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, ya que nos proporcionaron las bases y retroalimentación en todo momento.

Finalmente agradecemos a la Institución por el apoyo mostrado, por la prestación de sus instalaciones y equipo de trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] m. d. t. y. e. Social, ¿Qué es un invernadero?
- [2] J. J. C. Delgado, Ergonomía, 2011.
- [3] R. C. M. M. G. Victoria Vincelli, Cátedra Aríngoli, 2019.
- [4] A. M. d. C. d. Invernaderos, Invernaderos.
- [5] T. Á. Bayona, Sonómetro, 2006.
- [6] D. R. Hernández, Tesis sonómetro digital, 2012.
- [7] Anónimo, Luxómetro cómo funciona.
- [8] Zaragoza, Longímetro, 2017.
- [9] L. C. Marchant, Dinamómetro, 2017.
- [10] D. Morcillo, Dinamómetro digital.