



## Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: [www.riit.com.mx](http://www.riit.com.mx)

### Evaluación Mecánica de Postes Estacón Producidos para el Sector Hortícola

Arellano-García, M.a1, Flores- Valdés2 Pavón-Sánchez, E.e3, Vizcaya-Cepeda, C.p4

1 Investigador CIQA, en el Centro de Investigación de Química Aplicada, Unidad Saltillo, Coahuila.

[marco.arellano@ciqa.edu.mx](mailto:marco.arellano@ciqa.edu.mx)

2 Investigador CINVESTAV 3-C, en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Saltillo, Coahuila.[alfredo.flores@cinvestav.edu.mx](mailto:alfredo.flores@cinvestav.edu.mx)

3,4 Proyectos de Investigación y Desarrollo, Industrias LAREL S.A de C.V, 64410, Monterrey, Nuevo León.

[epavon@hotmail.com](mailto:epavon@hotmail.com) , [c\\_vizcaya@hotmail.com](mailto:c_vizcaya@hotmail.com)

#### Resumen

Este documento se enfoca en el estudio mecánico de los postes estacón con mayor auge en el mercado de la agricultura especialmente en el sector hortícola. Dicho estudio se realizó con la finalidad de compararlo con un poste propuesto por Industrias Larel, su fabricación parte del reciclado del riel de ferrocarril y es seguido por el proceso de laminación en caliente. Por lo anterior, se presume que el producto resultante es más resistente y aunado a esto se contribuye en el cuidado del medio ambiente debido a que se utiliza riel de ferrocarril reciclado como materia prima para su elaboración. Se realizó un estudio físico-mecánico de los diferentes estacones que se utilizaron, este estudio consistió en el análisis de 5 probetas de cada uno de los diferentes estacones ,tensión y compresión fueron las pruebas mecánicas que conformaron parte de este estudio mismas pruebas que demostraron un comportamiento favorable para las probetas del poste estacón de Industrias Larel, a su vez se realizó un estudio del comportamiento, la geometría y el diseño tomando como referencia la carga y el embalaje del tomate, siendo este un producto agrícola importante y de mayor producción en México.

**Palabras Clave:** Agricultura, Horticultura, Poste Estacón, Reciclado de Riel de Ferrocarril.

#### Abstract

This paper is focused on the mechanical study of the agricultural use stakes, especially at the high demand horticultural sector. Such study compares the stake that Industias Larel proposes, which use recycled material from railroad tracks into a hot rolling process. Due to the points above, this material has better resistance and is environmentally friendly because it is primarily created from railroad tracks. A Physical-mechanical study was made to a group of different stakes evaluating its performance. This study consisted of the analysis of 5 specimens from each stake. The tension and compression studies demonstrated a favorable trend for the Industrias Larel's specimens. In addition, there was a behavior, geometry and design study referenced by the tomato's loading and packing, which is an important agricultural product with big production in Mexico.

**Key Words:** Agriculture, Horticulture, Stakes, Riel Railway.

## I. Introducción

El sector hortícola en México es uno de los sectores económicamente más importantes. Entre las principales necesidades del sector sobresale el desarrollo de productos agrícolas y hortícolas, tales como fertilizantes, plaguicidas, inductores, etc., los cuales se dirigen principalmente al tratamiento y rendimiento de las cosechas.

Uno de los productos con más potencial e importancia para el sector hortícola es el tomate dado lo comercial y por su extenso mercado, el tomate es una planta que puede alcanzar hasta 3 m de altura, con hojas cordiformes grandes en crecimiento (30-40 cm de largo) y más pequeñas cuando ha entrado en producción (20 cm). El fruto es de piel lisa y brillante, de color variable (morado, rojo, amarillo, anaranjado, listado), la forma más común es elipsoide puntiaguda, pero puede ser ovoide, esférica, entre otras de acuerdo con el ecotipo o cultivar. (Tamara Ramirez, 2009)

Algunas de las características principales que se deben tomar en cuenta para el cuidado del tomate son:

El repique y trasplante, donde la germinación tarda alrededor de 30 días cuando las plantas tienen de 15 a 20 cm de alto se realiza el repique, después de 60 días de trasplanta al terreno definitivo (Feicán, 1999). Otra característica importante es la preparación del terreno el cual se realiza una arada y cruzada para hacer un volteado del suelo, este volteado se hace con pasadas de 30 a 40 cm de profundidad y se incorpora materia orgánica para incrementar la microflora y

microfauna del suelo (Albornoz, 1992). De igual forma es importante el trazo y la plantación donde las distancias de siembra más usadas son 2.50 m x 1.50 m, 2 m x 2 m y/o 1.8 m x 1.8 m (<http://www.ibiologia.unam.mx/jardin/gela/page13.html>).

El cuidado que se debe tener para la cosecha es de suma importancia, es importante evitar que el producto este contacto con los plaguicidas o con producto infectado o por hongos o algún otra deficiencia es por ello que es importante contar con una estructura resistente, que evite el pandeo del tutoreo de la cosecha, que no se requiera cambiar constantemente, que no se oxide o bien no tenga algún elemento que no ayude a un sano crecimiento, entre otros aspectos. Estos aspectos son de suma importancia debido a que si se tiene un buen seguimiento de los requerimientos nutricionales del cultivo, un buen soporte de tutoreo y el cuidado de suelo se tendrá una óptima cosecha sin deficiencias y/o enfermedades en el producto (Guía del Tomate, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA) (<http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf>).

Debido a lo mencionado anteriormente y a la importancia de la estructura de tutoreo, se presenta un estudio comparativo de los postes estacón que se encuentran en el mercado, donde los materiales con los que realizan los perfiles utilizados para los estacones varían desde polímeros, laminas y maderas. Estos perfiles sirven de soporte para delimitar los cercos, para ayudar como

guías en el crecimiento de la cosecha, para evitar plagas, etc. Estos postes evaluados se comparan con un poste propuesto por Industrias Larel, donde el perfil metálico que se propone cuenta con características innovadoras en cuanto a su geometría y diseño. Por otra parte, en base a su comportamiento mecánico se ha determinado que es un producto mucho más resistente debido a que su producción parte del reciclado del riel del ferrocarril, la composición típica del riel es de acero 1075 aunque el carbono puede oscilar entre el 0.55 a 0.75% de carbono (Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles Comisión de Normalización, 2002), este acero tiene una estructura Austenítica lo que hace que el material cuente con propiedades mecánicas altas y favorables para el estacón, sus propiedades mecánicas típicas se pueden observar en la tabla 1, propiedades regidas en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-049-SCT2-2000. Este poste de Industrias Larel tiene una contribución importante dado a su materia prima, debido a que el reciclado produce menos contaminación del medio ambiente, ya que el riel solo se lámina, lo que se traduce en menos emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Tabla 1. **Propiedades Mecánicas Típicas del Riel de Ferrocarril**

<b>Propiedades Típicas del Riel de Ferrocarril</b>	
<b>Dureza</b>	37 H Rc
<b>Tensión</b>	850 Mpa (Fractura) 880 Mpa (Ruptura Máx.) 780Mpa (Punto de Fluencia)
<b>Análisis Químico</b>	C- .726 Si- .732  Mn- .919 P- .026 S- .026 Cr- .029 Mo- .006 Ni- .030 Al- .003 Cu- .098 V- .003 Fe- 94.402

## II. Materiales

Los materiales evaluados son los siguientes, los cuales aparecen en orden numérico en la Figura 1.

1. Lámina cubierta con plástico de 0.45mm de espesor (**M1**).
2. Poste propuesto por Industrias Larel realizado a partir del reciclado de riel de ferrocarril (**M2**).
3. Poste de polímero con incrustaciones de madera (**M3**).
4. Poste de Lámina (**M4**).

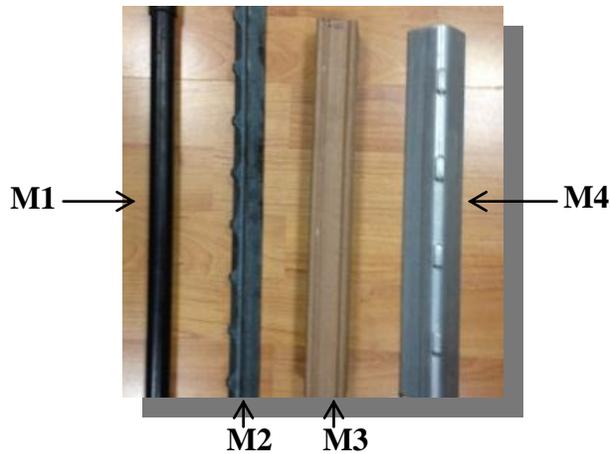


Figura 1. Materiales de productos estacones evaluados

Respecto a la descripción de los materiales que se encontraron en la literatura y algunas descripciones técnicas, se pueden destacar las siguientes características. La lámina cubierta con plástico es un producto liviano lo que permite un fácil transporte, oscila en diámetros de 22 y 26 mm.

El polímero con incrustaciones de madera tienen un costo menor que los estacones que son 100% madera, tiene una cubierta anti-UV lo que lo hace resistente al sol y a la humedad. Para el poste de lámina se puede mencionar que es ligero, y tiene una capa anticorrosiva, por ultimo para el poste estacón propuesto por Industrias Larel destaca una fácil instalación sin necesidad de

excavar para su colocación, no requiere de mantenimiento y por su alta resistencia mecánica puede delimitar ranchos ganaderos, viñedos, hortalizas, entre otros.

### III.Métodos

El método experimental mostrado en la tabla 2, es el diseño que se llevó a cabo para este estudio, éste consistió en realizar 5 probetas de cada uno de los diferentes materiales de estacón, para analizarlas con pruebas de flexión y tensión, están regidas mediante las normas ASTM E-290 “Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility” y E-08 “Fatigue and Fracture” respectivamente, así mismo se estudió su geometría y diseño con la finalidad de ver cuál es el poste óptimo para el sector Hortícola.

Tabla 2. Método Experimental

# De Experimento	M1		M2		M3		M4	
	Tensión	Flexión	Tensión	Flexión	Tensión	Flexión	Tensión	Flexión
1								
2								
3								
4								
5								

Para la prueba de tensión se crearon probetas con las características que se muestran en la figura 2, así mismo la figura 3 muestra las dimensiones que se utilizaron para realizar las probetas de flexión. Para las pruebas de tensión y compresión se utilizó una máquina de Ensayos Universales PTS modelo CMT-200 con una capacidad de 200 KN.

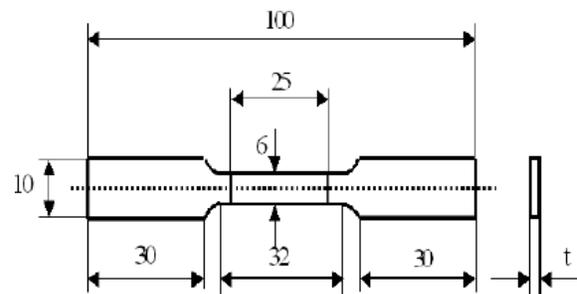


Figura 2. Características de probeta de tensión

La prueba de tensión consiste en posicionar una probeta en la máquina de tensión sometiéndola a un estiramiento hasta conseguir su ruptura como se puede apreciar en la figura 4, para la prueba de compresión se utilizó un dispositivo el cual cuenta con dos puntos de soporte y en medio de esta longitud (eje longitudinal) se aplica la carga que es la fuerza perpendicular al eje longitudinal concentrada en el punto medio, se puede apreciar en la figura 5.

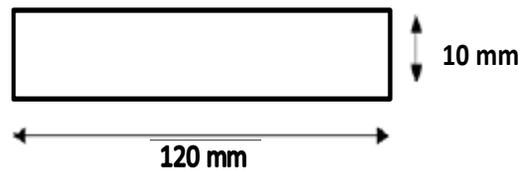


Figura 3. Características de probeta de compresión

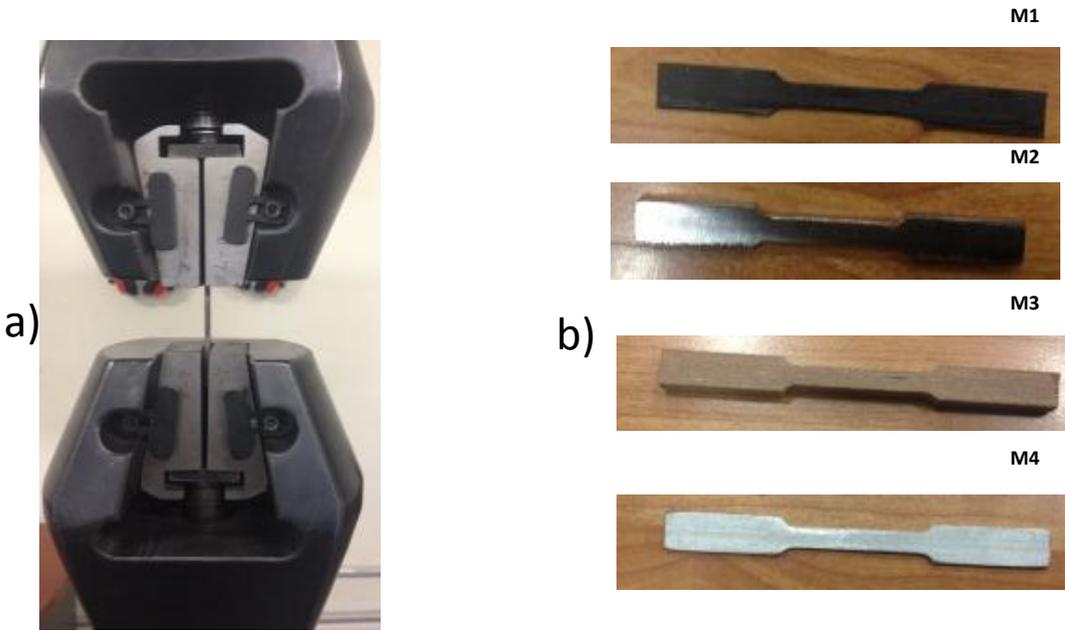


Figura 4. A) Prueba de Tensión, B) Probetas de Tensión.

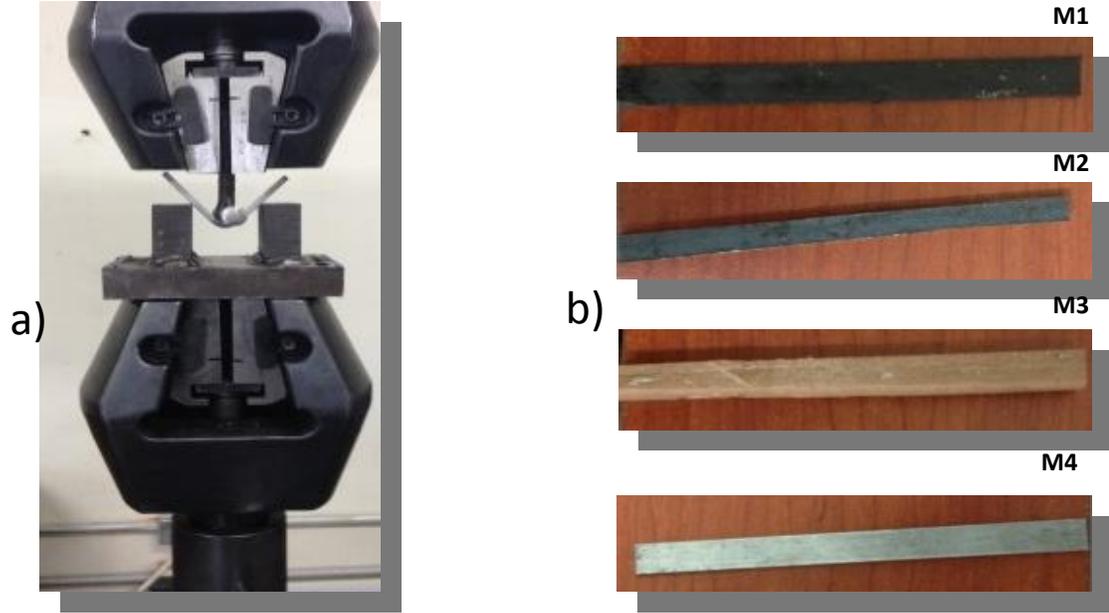


Figura 5. A) Prueba de Compresión, B) Probetas de Compresión.

#### IV. Resultados

Los resultados de las pruebas mecánicas se pueden apreciar en la tabla 3, donde vemos que los 4 materiales diferentes que se evaluaron muestran un comportamiento en los resultados de cada una de sus diferentes probetas (5 probetas) tanto como en las pruebas de tensión así como compresión.

Siendo la probeta del estacón de Industrias Larel la más resistente en ambas pruebas mecánicas, seguida de la probeta del estacón realizado con lámina. Estos resultados se pueden apreciar mejor en las gráficas 1 y 2 donde se muestra la tendencia que obtuvieron las probetas versus el porcentaje de elongación, resultados que se muestran en la tabla 4 y 5.

La ductilidad se define como el grado de deformación que puede soportar un material sin romperse, por lo que analizando el comportamiento de los diferentes postes, el poste de lámina fue el material que más ductilidad mostró (17.85% de elongación). Sin embargo, este poste obtuvo una resistencia muy baja 12.9 MPa, al contrario del poste propuesto por Industrias Larel, el cual mostró una resistencia de 138.4 MPa y una elongación de 7.3%. El poste de lámina recubierto de plástico y el polímero con incrustaciones de madera fueron los estacones que presentaron más bajo rendimiento tanto en resistencia y por ende en su ductilidad.

En cuanto a las pruebas de flexión, el estacón de Industrias Larel fue el que mostró una mayor resistencia, 15.2 MPa, seguido por el estacón de lámina con 1.7 MPa. Al igual que en el ensayo de tensión, la lámina cubierta con plástico y el de incrustaciones de madera mostraron valores bajos. Cabe mencionar que el poste de lámina con cubierta de plástico obtuvo un porcentaje considerable de flexión, 48.6 %, pero dada su resistencia tan baja no se considera como óptimo, por ejemplo: los postes en una cosecha de tomates se ponen cada 3 mts., lo que con este peso distribuido por poste se obtendría un pandeo por la carga, lo que dañaría a la cosecha por diversas circunstancias (López Montes, Randall López Pérez) (Parrado, C.A.; Ubaque, H., 2004).

Tabla 3. Resultados del Método Experimental

# De Experimento	M1		M2		M3		M4	
	Tensión (MPa)	Flexión (MPa)						
1	7.91	0.1	138.5	15	2.81	0.8	12.82	1.7
2	7.9	0.1	138.52	15	2.79	0.81	12.89	1.72
3	7.88	0.13	138.4	16	2.8	0.89	12.9	1.74
4	7.9	0.12	138.2	15	2.8	0.85	12.9	1.7
5	7.92	0.12	138.4	15	2.8	0.81	12.97	1.7
<b>Promedio</b>	7.902	0.114	138.404	15.2	2.8	0.832	12.896	1.712

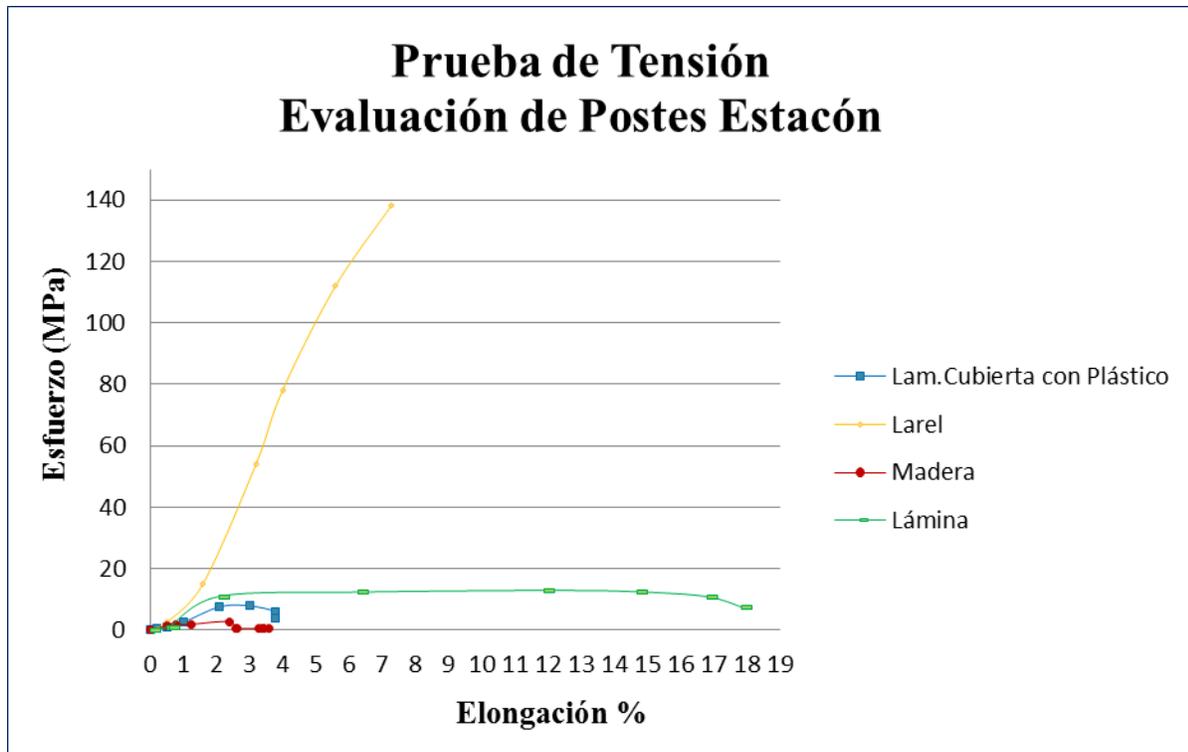
**M1-** Lámina cubierta con plástico  
**M2-** Poste Industrias Larel  
**M3-** Poste de polímero con incrustaciones de madera  
**M4-** Poste de lámina

Tabla 4. Datos de Esfuerzo vs Elongación para Pruebas de Tensión

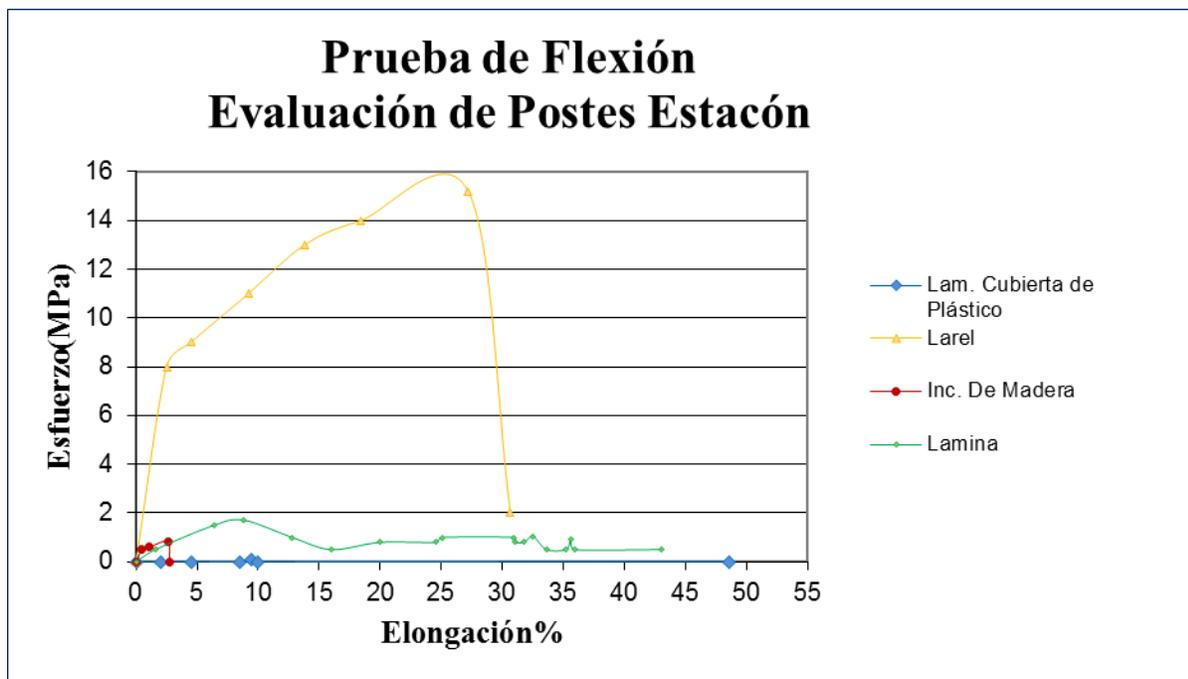
Poste	Esfuerzo Max. (Mpa)	Elongación%
Lam. Cubierta con Plástico <b>M1</b>	7.9	3.8
Industrias Larel <b>M2</b>	138.4	7.3
Inc. de Madera <b>M3</b>	2.8	3.6
Lamina <b>M4</b>	12.9	17.85

Tabla 5. Datos de Esfuerzo vs Elongación para Pruebas de Compresión

Poste	Esfuerzo Max. (Mpa)	Elongación%
Lam. Cubierta con Plástico <b>M1</b>	0.11	48.6
Industrias Larel <b>M2</b>	15.2	30.66
Inc. de Madera <b>M3</b>	0.83	2.75
Lamina <b>M4</b>	1.71	43



Gráfica 1. Comportamiento de los postes en pruebas de tensión.



Gráfica 2. Comportamiento de los postes en pruebas de flexión.

## V. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico mediante un diseño en bloques completamente al azar; con el software estadístico XLSTAT, arrojando los siguientes resultados (véase tablas 6-9):

Tabla 6. Análisis de Varianza Para Tensión

Fuente	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Pr > F
Modelo	3	64155.5	21385.2	4459886.6	< 0.0001 **
Error	16	0.077	0.005		
Total corregido	19	64155.5			

Prueba de Diferencia de Medias (Duncan al 0.05 de Probabilidad) Para Tensión:

Tabla 7. Pruebas de Diferencia de Medias

Categoría	Media estimada	Grupos
M2	138.404	a
M4	12.896	b
M1	7.902	c
M3	2.800	d

Tabla 8. Análisis de Varianza Para Compresión

Fuente	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Pr > F
Modelo	3	774.7	258.2	5115.9	< 0.0001 **
Error	16	0.808	0.050		
Total corregido	19	775.6			

Tabla 9. Pruebas de Diferencia de Medias

Categoría	Media estimada	Grupos
M2	15.200	a
M4	1.712	b
M3	0.832	c
M1	0.114	d

## VI. Discusión

Se evaluaron 4 diferentes tipos de materiales para poste estación, de acuerdo con los resultados obtenidos el de más alta resistencia fue el poste de Industrias Larel realizado con reciclado de riel de ferrocarril, seguido del poste de lámina, el poste de madera fue el poste que demostró un comportamiento más bajo.

Se evaluaron los materiales que conforman a los diferentes estacones:

El poste de madera aparte de ver obtenido los valores más bajos en la prueba mecánica de tensión, tiene algunos inconvenientes tales como los tratamientos que les dan con la finalidad de prolongar su vida y reducir la presencia de insectos o bacterias, para estos tratamientos utiliza: cromo, arsénico y otros elementos químicos altamente tóxicos. Existen diferentes tipos de poste de madera: herbáceas, estaquillas de raíz, semi madera, madera suave. Sin embargo su cuidado debe ser constante debido a que se encuentran expuestas a la intemperie y sufren deterioro con los cambios frecuentes de clima. (Montenegro Jairo, Lara José, 1990).

El poste con recubrimiento plástico es muy atractivo en cuanto el precio, y mecánicamente soporto más MPa que el poste de madera sin embargo al ser el recubrimiento un polímero esta propenso a tener deterioro consecuencia de los efectos combinados de luz solar, de la lluvia, de los microorganismos, gases contaminantes, entre otros factores (Castillo Miguel Ángel, 2010), por ende al igual que el poste de madera tendrá que ser cambiado

constantemente o bien dar mantenimientos correctivos y/o preventivos, aunque cabe destacar el costo de este productos es de los más económico de los cuatro materiales evaluados.

Los postes que mejor resistencia obtuvieron son el poste propuesto por Industrias Larel, seguido del poste de Lámina. Sin embargo como lo podemos apreciar en la gráfica (véase gráfica 1) podemos apreciar que el poste de lámina tiene una elongación de casi 18% lo que asegura que con la constante carga que va a soportar manifestara deterioro o pandeamiento, el cual se pretende evitar para que los productos no estén en contacto con el suelo, o toquen algún insecticida y contaminen al resto de la cosecha.

E incluso dado el tiempo y la carga constante la probabilidad de fatiga es mayor para el que tiene menor resistencia en este caso el poste de lámina. La fatiga es el proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que ocurre en algún material en este caso el poste sujeto a compresión y deformaciones variables en algún punto, esto produce grietas mismas que se van propagando y sucede la fractura (J.J Gil Soto).

## VII. Conclusión

Dado a lo discutido en el punto anterior y sustentado con el método estadístico que se realizó, se concluye que los postes estación que mejor comportamiento mostraron son el poste propuesto por Industrias Larel y el poste de Lámina, sin embargo dado a las cargas de la cosecha y los cambios climatológicos a los que son expuestos se

opta que el poste adecuado para tutorio de hortalizas es el poste propuesto por Industrias Larel debido a que tendrá un tiempo de vida mayor (más resistente), su diseño es práctico y cuenta con una capa polimérica que ayuda a evitar la corrosión y no se requiere cambiarlo constantemente, sin dejar de destacar que es un poste realizado a partir del reciclado riel de ferrocarril lo que contribuye al medio ambiente evitando grandes emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.

### VIII. Referencias

- Tamara Ramirez, “Perfil de Tomate de Árbol” Centro de Información e Inteligencia Comercial – CICO de CORPEI, Octubre 2009.
- <http://www.ibiologia.unam.mx/jardin/gela/page13.html>.
- <http://www.crfg.org/pubs/ff/tamarillo.html>.
- <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf>
- Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles Comisión de Normalización, 2002
- Norma Oficial Mexicana NOM-049-SCT2-2000
- <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol>.
- López Montes, Randall López Pérez, Lacayo Ligia y colaboradores “Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo del Tomate”
- Noreña Jorge, Rodríguez Viviana Guzmán Miriam y Zapata Miguel “El Cultivo de Tomate bajo Invernadero” CORPOICA, Centro de Investigación La Selva Rionegro, Colombia, 2006.
- Montenegro Jairo, Lara García José “Propagación Vegetativa del Tomate de Árbol” Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencia Agropecuarias, 1990.
- Parrado, C.A.; Ubaque, H. “Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero”. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Pronatta, CIAA. Bogotá. 2004
- Norma ASTM -08 “Fatigue and Fracture”
- Norma ASTM E-290 “Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility”
- Castillo Miguel Ángel “Piezas de plástico: Envejecimiento del material” Diciembre 2010.
- J.J Gil Soto “Fatiga Estructural” Universitas Navarrensis.