

# Análisis correlacional entre los índices de iluminación y la productividad en la industria maquiladora



## Colaboración

Jorge Rivera Flores; María Chanel Méndez Ramírez; Hugo Alberto Bravo Quintero, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Fecha de recepción: 25 de diciembre de 2021

Fecha de aceptación: 27 de febrero de 2022

**RESUMEN:** Condiciones de iluminación adecuadas dentro de los espacios de producción se ven reflejados en los índices de defectos cometidos al manufacturar prendas de vestir. Los procesos industriales en ambientes cerrados están llegando a ser altamente complejos ya que los operarios están expuestos a pobres condiciones de luz que los exponen a un amplio rango de problemas visuales al operar máquinas de precisión, al coser prendas, planchar telas entre otras actividades. Esta investigación se enfocó en realizar un estudio correlacional entre la variable independiente de iluminación y la variable dependiente correspondiente al número de defectos por hora mediante el método de los mínimos cuadrados, en donde se denota que alrededor del 21 al 37% de las condiciones de iluminación tienen un efecto causal sobre la capacidad de producción efectiva en los trabajadores ya que los niveles de iluminación y los defectos en la producción tienen una correlación lineal negativa, por lo cual los niveles bajos de iluminación deben ser evitados especialmente en los planos de trabajo a donde el operario interactúa.

**PALABRAS CLAVE:** Iluminación, Plano de trabajo, Maquiladora, Prendas de vestir, Correlación, Regresión Lineal.

**ABSTRACT:** Adequate lighting conditions within production spaces are reflected in the defect rates committed when manufacturing garments. Industrial processes in closed environments are becoming highly complex and operators are exposed to poor lighting conditions that expose them to a wide range of visual problems when operating precision machines when sewing garments, ironing fabrics among other activities. This research focused on conducting a correlational study between the independent variable of lighting and the dependent variable corresponding to the number of defects per hour by means of the least squares method, where it is denoted that around 21 to 37% of the lighting conditions have a causal effect on the effective production capacity of workers since lighting levels and production defects have a negative linear correlation, so low lighting levels should be avoided especially in work planes where the worker interacts.

**KEYWORDS:** Lighting, Work plane, Assembly plant in Mexico, Garments, Correlation, Linear Regression.

## INTRODUCCIÓN

El sector de manufactura textil en la ciudad de Teziutlán, Puebla está fuertemente consolidado como una industria enfocada a la exportación, considerada como la tercera ciudad maquiladora más grande del estado de Puebla [1].

Teziutlán, siendo una ciudad dedicada en su mayoría a la confección de prendas de vestir, se integró a este sector desde los años 90's, concentrando una cantidad de empresas dedicadas a esta labor tan intensa y que basa su economía en la productividad de todos y cada una de las personas dedicadas a este tipo de economía [2]. Sin embargo, la industria maquiladora de ropa la sido fuertemente criticada desde el 2000, por sus pobres condiciones destinadas a la manufactura de la confección, especialmente por el gran crecimiento que las empresas instaladas en esta región han tenido en donde se ofrecen pobres ambientes de iluminación destinados a los espacios de producción afectando a los trabajadores, todo esto debido a que Teziutlán se encuentra en la sierra de Puebla y debido a los terrenos accidentados no es posible crear grandes espacios planos para la instalaciones de plantas productivas [3].

Los ambientes con buena iluminación actúan a través de una cadena de mecanismos sobre factores psicológicos y psicosociales que con fuerza influyen en desempeño humano y por ende en su productividad. Muchos factores tales como la habilidad, educación y experiencia previa afectan de igual manera en la productividad de los operarios que día a día conviven y laboran dentro de las empresas de la industria maquiladora de la región de Teziutlán, Puebla [4].

La hipótesis de trabajo o de investigación que se plantea en el presente resumen, es del carácter de hipótesis correlacional ya que se va a determinar si la variable independiente de iluminación y la variable dependiente correspondiente al número de defectos, se encuentran asociadas, por medio del vínculo que se establece entre estas.

Por lo tanto el objetivo de esta investigación consiste en: Analizar la relación entre los niveles de iluminación y la productividad del operario en la industria maquiladora de Teziutlán, Puebla en base a los mínimos cuadrados, con la finalidad de proponer mejoras que coadyuven a mejorar los espacios de trabajo en donde a diario interactúan los operarios.

Mas, sin embargo, la iluminación es uno de los aspectos ambientales más importantes que influyen en gran medida el desempeño humano en el trabajo. Proveer a los trabajadores, espacios con suficiente iluminación para llevar a cabo tareas visuales se traduce en la mejora de la precisión, incrementando la velocidad de producción y reduciendo la generación de desperdicios tanto de materiales y tiempo. Los procesos de producción en el sector maquilador de esta ciudad se constituyen por varias etapas discretas de actividades las cuales están conec-

tadas de manera progresiva formando una cadena laboral en un proceso de producción intensivo, en las que se es necesario proporcionarle los medios para generar un ambiente de trabajo excelente que maximice la productividad [5].

Las maquiladoras de ropa en esta región del estado de Puebla, se están enfocando de manera incremental el elevar los niveles de iluminación en varias necesidades funcionales dando preferencia a las operaciones de cosido de las prendas lo cual está elevando los índices de consumo eléctrico [6].

Los principales temas de salud en la visión de los operarios son indicadores de condiciones inapropiadas de iluminación las cuales se resumen en el gráfico siguiente.

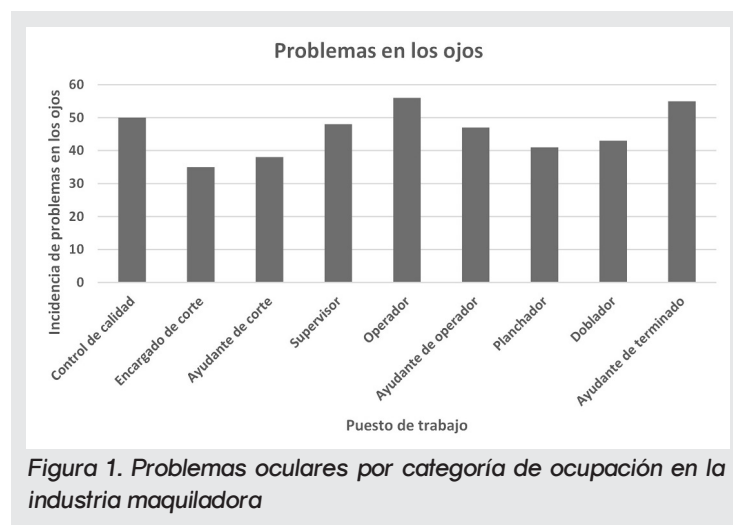


Figura 1. Problemas oculares por categoría de ocupación en la industria maquiladora

La mayoría de empresas maquiladoras de ropa, hacen uso de lámparas led para alcanzar niveles de iluminación de gran nivel en los planos de trabajo, en donde los índices de brillo en los ambientes laborales causa conflicto con la cantidad de luz emitida la cual puede causar problemas visuales hacia el operario. Por lo tanto, es necesario tomar las muestras de intensidad lumínica que sea la idónea para desempeñar trabajos que requieren gran precisión dentro de la industria maquiladora de prendas de vestir [7].

El objetivo de los resultados de la investigación plasmada en este documento, consiste en documentar la relación que existe entre las condiciones de iluminación y los índices de fallas cometidos a través de una relación lineal por el método de los mínimos cuadrados con la finalidad de poder hacer recomendaciones que impacten en la mejora de los ambientes de trabajo en donde a diario conviven los trabajadores de la industria maquiladora de la región de Teziutlán, Puebla, y que a futuro mejor los índices de productividad.

Para la recopilación de los datos se realizaron encuestas con un estudio experimental detallado en los espacios de producción sobre las condiciones de iluminación en el desempeño actual de los trabajadores de la industria maquiladora de ropa de la región de Teziutlán, Puebla. La eficiencia laboral fue registrada a través de la observar el número de defectos durante el proceso de producción. De acuerdo al directorio de empresas registradas en el estado de Puebla el cual asciende a 2000, se tomó una muestra aleatoria de 50 maquiladoras de ropa pertenecientes al municipio de Teziutlán [8]. Después de estructurar el cuestionario y como resultado de visitas hacia la empresa se realizó el reconocimiento a fin de explorar la geometría y tipología de los espacios de producción dentro de las empresas maquiladoras de ropa.

Se identificaron tres formas diferentes de espacios productivos los cuales incluyen diferencias en el tipo y altura del techo, profundidad de las unidades de producción, altura de las ventanas, distribución de las luces, entre otras características relevantes [9].

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las construcciones fueron agrupadas en tres niveles de espacios productivos con la finalidad de investigar las condiciones de iluminación que imperaban en ellas.

Tabla 1. Detalles de los 3 tipos de instalaciones identificadas

Nombre del sistema de producción	Niveles totales en el espacio de producción	Ubicación del espacio de producción encuestado	Ubicación de la ventana	Profundidad promedio del área activa	Área del piso (m <sup>2</sup> )	Altura del techo (m)
Unidad de producción 1	9	5	S-E S-O	45.1	2600	3.66
Unidad de producción 2	2	1	E, O	41.5	4650	6.1 – 10.7
Unidad de producción 3	6	3	N, S	35.4	2250	3.81

El tamaño de la muestra para esta investigación fue de 60 trabajadores seleccionados de cada uno de los espacios de producción para efecto de la encuesta, así como del análisis estadístico. Los datos fueron tomados directamente del área de trabajo a través de observación, preguntas y mediciones con el Luxómetro digital AEMCID modelo CA-811 [10].

## Condiciones de iluminación existentes

Los niveles de iluminación fueron medidos en tres posiciones dentro de los espacios de producción [11]. Un grupo de mediciones fue tomado cuando se hace uso de la luz artificial, tal y como lo muestra la figura 2, antes del desayuno y otra con las luces apagadas durante el mismo desayuno, con la finalidad de probar la penetración de la luz del día y su contribución a las condiciones de iluminación de los espacios productivos.



Figura 2. Espacios de trabajo en la industria maquiladora. Tomado de Keter (2021)

Todos los datos fueron medidos a una altura horizontal de plano de trabajo de 0.76m sobre el nivel del piso. Los espacios muestreados fueron divididos en una malla, y con la ayuda de los planos de las plantas se tomaron las muestras de los niveles de iluminación promedio con solo luz de día y los niveles de iluminación promedio que integran a la luz de día y la luz artificial [12]. Se observó que los niveles de iluminación en los espacios de producción en las unidades de producción 3 es más elevada que los otros dos espacios, tal y como lo muestra la tabla 2, esto debido a que las ventanas están más altas.

Tabla 2. Niveles de iluminación medidos

Espacio de producción	Zona de localización	Nivel de iluminación promedio en luxes (Luz de día)	Nivel de iluminación promedio en luxes (Luz de día + Luz artificial)
Unidad de producción 1	Cerca de la ventana (Luz de día parcial)	166	873
	Centro de la profundidad media del espacio (Mayormente luz artificial)	3	588
	Más alejado de las ventanas (Completamente luz artificial)	0	532
Unidad de producción 2	Cerca de la ventana (Luz de día parcial)	258	953
	Centro de la profundidad media del espacio (Mayormente luz artificial)	9	672
	Más alejado de las ventanas (Completamente luz artificial)	1	581
Unidad de producción 3	Cerca de la ventana (Luz de día parcial)	287	1088
	Centro de la profundidad media del espacio (Mayormente luz artificial)	6	792
	Más alejado de las ventanas (Completamente luz artificial)	0	696

La luz de día tiene un radio de uniformidad bajo en todos los espacios de producción y por ende es necesario soportarse mediante la luz artificial interna de las plantas. Los tres espacios de producción hacen uso de lámparas de tubo fluorescentes. La uniformidad lumínica, diversidad de iluminación e índice de espacios de altura, fueron calculados en base de los registros de iluminación durante las tomas de muestras y encuestas en los espacios de producción. Las lámparas están a una altura de 2.13 m desde el nivel del suelo, la tabla 3 muestra la uniformidad lumínica de 0.48 en los espacios de producción 3, el cual es considerado como bajo. La diversidad de iluminación en los espacios de trabajo se registró con mayor nivel en los espacios de trabajo de las unidades de producción 3.

Tabla 3. Uniformidad y diversidad promedio de iluminación

	Espacio de producción 1	Espacio de producción 2	Espacio de producción 3
Uniformidad lumínica	(453/664) =0.66	(420/735) =0.57	(390/805) =0.48
Diversidad de iluminación	(1150/435) =2.5: 1	(1050/420) =2.5: 1	(1490/390) =3.5: 1

Los trabajadores de los espacios de producción 3, enfrentan más problemas con el brillo o contraste que otros espacios de producción. El valor del índice de espacios de altura es bajo en los espacios de producción 1 el cual indica un ambiente artificial bueno y libre de resplandor.

Los niveles de iluminación en comparación con los estándares internacionales muestran que son más altos en los planos de producción muestreados [13]. La uniformidad de iluminación recomendada usualmente debe no ser menos a 0.8 lumenes, con eso se determina que en ninguno de los espacios de producción de adecua al estándar. Por otro lado, tomando en consideración la diversidad de luminiscencia, todos los resultados este dentro del estándar de 5:1.

**RESULTADOS**

Las dos principales variables fueron tomadas de las propias muestras al mismo tiempo y en análisis de correlación con la evidencia disponible fue calculada mediante un Análisis de datos de Microsoft Excel. La variable independiente es el nivel de iluminación y la variable dependiente es el número de defectos por hora.

Para comprender la relación entre estas dos variables, se realizó un diagrama de dispersión con análisis detallado de regresión lineal simple; la cual se observa de manera gráfica en la figura 3, la cual muestra la relación lineal entre la variable independiente (Nivel de iluminación) y la variable dependien-

te (Porcentaje de defectos producidos por hora) dentro de los dos ejes X y Y, respectivamente.

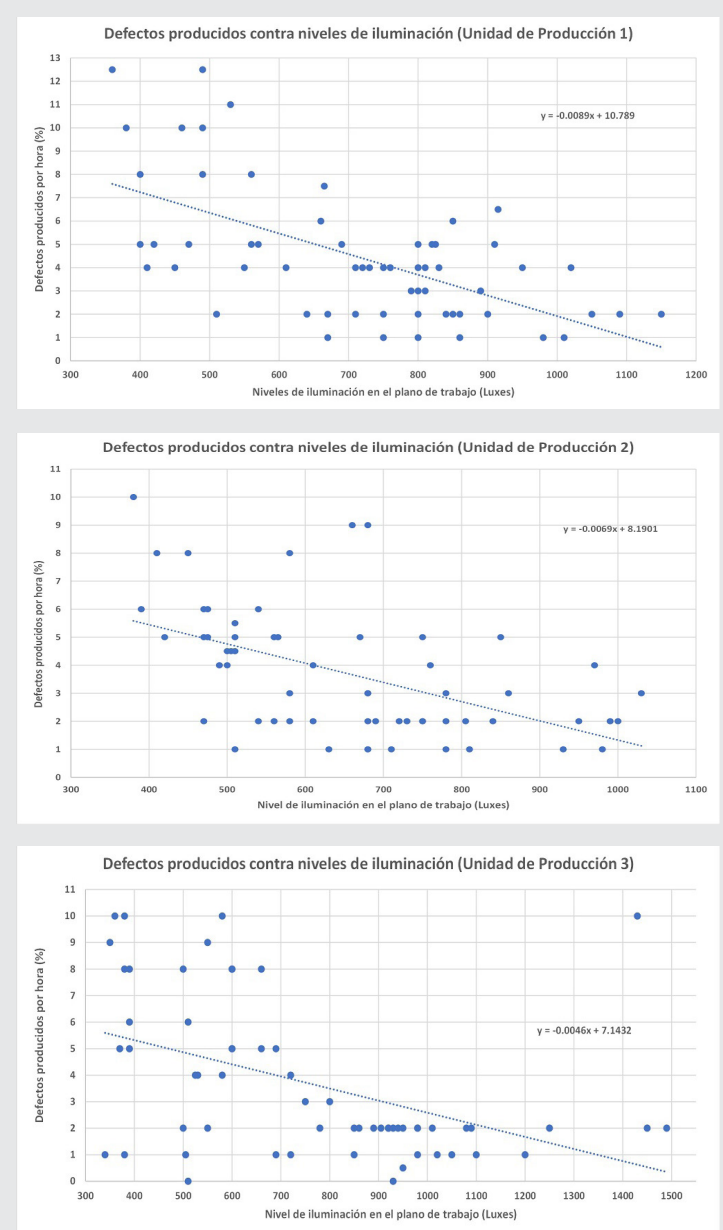


Figura 3. Problemas oculares por categoría de ocupación en la industria maquiladora

Comparando los diagramas de dispersión de las tres unidades de producción, se observa el modo de tendencia lineal, denotándose que la inclinación de las líneas es similar, y que los niveles de iluminación tienen un efecto moderado en la eficiencia de la producción.

El análisis estadístico de regresión, se muestra en la tabla 4, donde los  $r^2$  son mostrados.

En el espacio de producción 1, el valor r, revela que los niveles de iluminación tienen un 36% de efecto causal sobre los defectos en la producción. El resto

de las causas pueden ser otras variables ambientales o factores personales propios del operario [14]. En los espacios de producción 2 y 3, los valores de  $r^2$ , muestran que los niveles de iluminación son del 25% y del 20%, como efecto causal sobre los defectos en la producción, respectivamente.

Tabla 4. Uniformidad y diversidad promedio de iluminación

Unidades muestreadas	Estadística de regresión	
Unidad de producción 1	R múltiple	0.611
	R cuadrada	0.373
	R cuadrada ajustada	0.362
	Error estándar	2.296
	Observaciones	60
Unidad de producción 2	R múltiple	0.514
	R cuadrada	0.264
	R cuadrada ajustada	0.251
	Error estándar	1.982
	Observaciones	60
Unidad de producción 3	R múltiple	0.463
	R cuadrada	0.214
	R cuadrada ajustada	0.201
	Error estándar	2.747
	Observaciones	60

De la regresión de estas dos variables (Variable independiente como el nivel de iluminación y la variable dependiente como los errores producidos) los coeficientes muestran que, si se incrementa una unidad del nivel de iluminación, causa 0.009 unidades de defectos menos en los espacios de producción 1, 0.007 unidades de menos defectos para el espacio de producción 2 y 0.005 unidades menos de defectos para el espacio de producción 3, tal y como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5. Uniformidad y diversidad promedio de iluminación

Unidades muestreadas	Variables dependiente e independiente	Coefficientes (Valor B)	Error estándar	Estadístico t
Unidad de producción 1	Intersección con X de la variable 1	10.979 <b>-0.009</b>	1.154 0.002	9.518 -5.876
Unidad de producción 2	Intersección con X de la variable 1	8.157 <b>-0.007</b>	1.054 0.002	7.740 -4.563
Unidad de producción 3	Intersección con X de la variable 1	7.608 <b>-0.005</b>	0.992 0.001	7.669 -3.975

En términos de porcentaje se puede decir que, incrementando 10 unidades de iluminación, se causa un 9% menos defectos en los espacios de producción 1, 7% menos defectos en los espacios de producción 2 y 5% menos defectos en los espacios de producción 3.

## CONCLUSIONES

Se hacen las siguientes recomendaciones para mejorar los ambientes de iluminación en la industria maquiladora del municipio de Teziutlán, Puebla.

- Los niveles de iluminación en los planos de trabajo deben estar entre los 600 a 800 luxes, especialmente en las áreas a donde se está haciendo uso de máquinas de coser, interactúan los ayudantes y o se tienen áreas para el control de calidad.
- Debido a que los niveles de iluminación y los defectos en la producción tienen una correlación lineal negativa, niveles bajos de iluminación deben ser evitados.
- Resultado de esta investigación se ha descubierto que alrededor del 21 al 37% de las condiciones de iluminación tiene un efecto causal sobre la capacidad de producción efectiva en los trabajadores.
- Es necesario tomar en consideración otros aspectos tales como temperatura o estado psicológico del operario durante la evaluación del desempeño de los trabajadores para futuros trabajos.
- La distribución de las luminarias debe estar diseñada por ingenieros o arquitectos antes de instalarse considerando también permitir el paso de la luz exterior con la finalidad de asegurar que esta incida en cualquier plano del área de trabajo horizontal para un diseño de flujo de producción flexible.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. E. Martínez de Ica, G. Sánchez Daza y G. Campos Ríos, *La industria maquiladora de exportación en el estado de Puebla, Puebla, Puebla: BUAP, 2018.*
- [2] G. Mundo, «El sol de Puebla,» 18 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/parada-produccion-de-maquiladoras-en-teziutlan-puebla-economia-finanzas-pandemia-covid19-coronavirus-crisis-economica-6122511.html>.
- [3] I. Rodríguez, «El sol de Puebla,» 26 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.business-humanrights.org/es/%C3%BAltimas-noticias/m%C3%A9xico-denuncian-malas-condiciones-laborales-y-agresiones-contra-trabajadores-en-maquilas-en-tehuac%C3%A1n-puebla/>.
- [4] H. Hernández, *Optimización de las condiciones ambientales de iluminación en el área de producción para la industria maquiladora, Teziutlán, Puebla: ITST, 2021.*
- [5] F. Urrutia, *Evaluación de riesgos por ruido, iluminación y material particulado en la fábrica de carrocerías Master Metal, Ambato, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.*
- [6] M. Quinto, *Propuesta de la Planificación, Programación y Control de la Producción en el Área de Es-*

tampado de la Empresa Comercializadora KETER S.A. de C.V., Teziutlán, Puebla: ITST, 2020.

[7] Kumara, *Investigación sobre los niveles de luz adecuados al coser en empresas maquiladoras*, Sri Lanka, Sri Lanka: Universidad de Moratuwa, 2018.

[8] InfoMaquila, «InfoMaquila,» 3 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.infomaquila.com/directorio/Pueblaold.html>.

[9] C. Ramírez, *Estudio de una empresa de iluminación, propuesta y análisis de mejoras*, Madrid, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2019.

[10] Volnort, «volnort,» Sabado Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.volnort.com/files/files/Luxometro-AEMC-modeloCA811.pdf>.

[11] M. Cabeza, «Redalyc,» 13 Junio 2008. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545878003.pdf>.

[12] NOM, «NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo,» 6 Marzo 2008. [En línea]. Available: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-025.pdf>.

[13] J. J. Beltrán, «Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados,» *Movimiento Científico*, pp. 31-37, 2013.

[14] M. G. Obregón, «Impacto Del Factor Iluminación Y Psicosocial En El Desempeño Laboral Del Personal De Apoyo Y Asistencia A La Educación. Caso: UPI-ICSA,» *European Scientific Journal*, p. Febrero, 2018.