

# Diseño de un sistema de inspección de tablillas electrónicas a través de un sistema de visión

Héctor Pavel Espino Barrientos<sup>1</sup>, Dr. Luis Carlos Méndez González<sup>2</sup>,  
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón<sup>3</sup> y MC. Abel Eduardo Quezada Carreón<sup>4</sup>

**Resumen**— En una empresa de la localidad se presenta un problema de calidad en el cual involucra que una serie de tablillas electrónicas sufren por falta de inserción de componentes, lo cual le genera a la empresa una gran cantidad de scrap o desperdicio, ya que el defecto es detectado hasta que las tablillas se encuentran en la etapa final del proceso. Por lo que, en este artículo, se presenta un sistema de visión como parte de un sistema de contención con el cual se detectan tablillas con componentes faltantes, esto con la finalidad de que antes de que estas lleguen al proceso final, las tablillas puedan ser retrabajadas y con esto reducir la cantidad de material que se va al scrap.

**Palabras clave**— Sistema de visión, Scrap, Automatización, Inserción de componentes.

## Introducción

Las máquinas de inserción automática de componentes son una herramienta de automatización con la cual las empresas dedicadas a la fabricación de tablillas electrónicas se ayudan para facilitar la producción de dichos dispositivos con una rapidez. Pero en algunas ocasiones, estas máquinas pueden sufrir algún tipo de desperfecto omitiendo que algunos componentes sean insertados de manera adecuada y que existan algunos faltantes de componentes, lo que ocasiona que las tablillas no cumplan con su función, ocasionado que existan problemas de calidad en el producto.

Como se puede observar en Gao (2014), Komati (2016), Golnabi, et al. (2007), Wang, et al. (2020), Zhu (2020) y Manuera, et al. (2020), han establecido en sus estudios la importancia, ventajas y desventajas de los sistemas de visión en diferentes aplicaciones dentro de la automatización y como elementos de inspección de calidad para diferentes aplicaciones industriales como la conjunción de sistemas de visión con robótica, entre otros. A su vez, se resalta que a pesar de que estos sistemas son de un costo elevado, estos sistemas reditúan en un corto tiempo la inversión por medio de la disminución de los problemas de calidad, tiempos muertos, así como en reducción de personal de inspección.

Por lo que, en este artículo, se presenta la instalación de un sistema de visión dentro del sistema de la máquina de inserción automática, esto con la finalidad de reducir la cantidad de componentes que se vayan al scrap o requieran un retrabajo para volver ser incluidos como parte de un producto terminado.

## Selección del sistema de visión

*Selección de características del Sistema de visión.*

Dado que el proyecto en el cual este sistema de visión fue instalado, la primera tarea a determinar fue el sistema de visión ideal para la aplicación, para ello es importante seguir la figura 1, en la cual se determinan los elementos en los que consiste un sistema de visión. Como se puede ver en la figura 1, los elementos se dividen en 3 partes fundamentales, las cuales deben estar en perfecta armonía para que la aplicación en la máquina de inserción automática no tenga fallos de calidad en las tablillas electrónicas.

Para determinar la entrada que se presenta en la figura 1, se seleccionó una cámara de la marca Cognex, modelo IS7200-11, esto debido a su gran capacidad de procesamiento, ya que esta es capaz de trabajar a 217/165 cuadros por segundo (FPS), en una escala monocromática, esto nos da la facilidad de trabar a una alta velocidad, en la cual la cantidad de tablillas que se producen por minuto en el área de inserción son aproximadamente 60 tablillas por máquina, considerando que son 45 máquinas produciendo al mismo tiempo establece un número de 45 tablillas por segundo, las cuales hay que inspeccionar durante el proceso. A su vez, la cámara de visión, la cual es el ojo biónico

<sup>1</sup> Héctor Pavel Espino Barrientos es estudiante de la carrera de Ingeniería en mecatrónica por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<sup>2</sup> El Dr. Luis Carlos Méndez González, es profesor del departamento de Ingeniería Industrial y manufactura por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez [luis.mendez@uacj.mx](mailto:luis.mendez@uacj.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón, es profesor del departamento de Ingeniería Industrial y manufactura por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez [luis.picon@uacj.mx](mailto:luis.picon@uacj.mx)

<sup>4</sup> El MC. Abel Eduardo Quezada Carreón, es profesor del departamento de Ingeniería Eléctrica y computación por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez [abquezad@uacj.mx](mailto:abquezad@uacj.mx)

de nuestro sistema, fue dotado de dos elementos esenciales para mejorar la calidad de la imagen y a su vez de inspección, uno de ellos fue con un lente de 25MM/F2 de autoenfoque y una fuente de luz blanca led integrada a la cámara, en la figura 2 se puede observar los elementos de entrada colocados en la cámara.

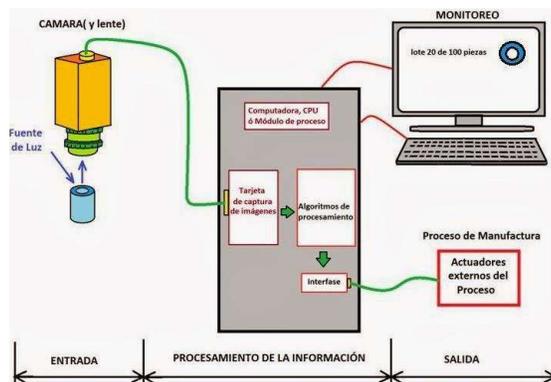


Figura 1. Etapas de un sistema de visión.



Figura 2. Vistas de la cámara de visión seleccionada

Para realizar el procesamiento de la señal se utilizó una tarjeta de la misma marca Cognex CIO-MICRO, esta tarjeta de entradas y salidas nos ayudó en el proceso de poder enviar señales de disparo de cámara (inicio de toma de fotografía para comparar contra el patrón), detección de alguna pieza problemática (tablilla con falta de componentes), error general en el sistema (este se presenta cuando la maquina ha dejado de funcionar por alguna falla), torre de estado (esta indica tres elementos, verde maquina en funcionamiento, amarillo la cantidad de tablillas con faltantes detectadas por el sistema de visión han sobrepasado el 3% del total de la producción, rojo maquina detenida por problemas de mantenimiento), en la figura 3 se puede observar la tarjeta I/O empleada



Figura 3. Vista de la tarjeta de I/O empleada.

A su vez, para el procesamiento de la información y de control se empleó el software de Insigth Explorer, véase la figura 4. Con este software se le dictara al aparato de procesamiento del sistema de visión cuales son las piezas sin defectos y cualquier pieza diferente al patrón esta deberá ser descartada y arroja al retrabajo, esto con la finalidad de que no lleguen piezas al proceso final.

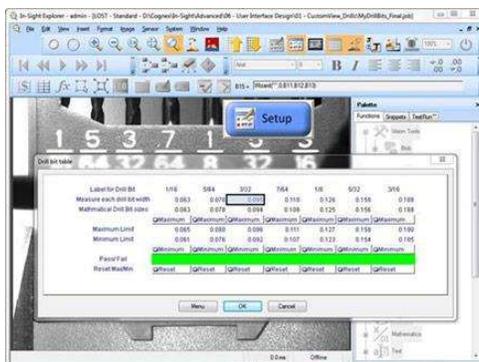


Figura 4. Vistas del software de control InSight Explorer.

Finalmente, para la salida del sistema se optó por una banda transportadora en donde son clasificadas dependiendo del estado obtenido por la etapa de procesamiento del sistema de visión, en la figura 5 se observa una imagen del clasificador empleado en este proyecto.



Figura 5. Vistas del clasificador empleado en el proyecto.

### Diseño del Algoritmo de visión.

En esta sección se detalla cómo es que realizó el proceso para que las piezas fueran clasificadas dentro de los límites establecidos. Para ello en la figura 6, se establece el proceso realizado para el diseño del algoritmo con el cual se realizó la identificación de las piezas.



Figura 6. Etapas del desarrollo del algoritmo.

En la primera etapa definida en la figura 6, se procedió a identificar la pieza y los puntos críticos de calidad en donde los faltantes de piezas puedan darse dentro de la tablilla, en la figura 7 se observa el producto al cual se va a inspeccionar. Para este proyecto se solicitó que todos los componentes dentro de la tablilla fueran identificados y que ninguno de estos estuviese ausente, por lo que a su vez la figura 7 nos ayuda a ser la pieza patrón, es decir la pieza que el algoritmo debe de comparar ante todas las demás piezas que se produzcan en el momento.

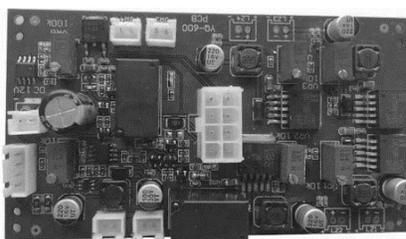


Figura 7. Pieza patrón para el algoritmo de visión.

En la etapa de entrenamiento el algoritmo se procede de la siguiente forma, dentro del software InSight Explorer se debe configurar los siguientes aspectos

- Tipo de cámara y comunicación
- Calibración de la cámara de visión en su región de inspección
- Regiones que el algoritmo debe analizar
- Programación de las I/O de la tarjeta de control.

En la etapa de tipo de cámara y comunicación, se empleo el asistente con el cual por medio de la comunicación TCP/IP que posee el sistema nos permite que esta sea reconocida dentro de una red interna, con esta red es posible crear nodos de comunicación con todos los elementos como la máquina de inserción y la tarjeta de I/O.

Para la segunda etapa definida, se emplearon una serie de patrones, con los cuales la cámara de visión y el sistema de procesamiento pueden identificar de manera adecuada las regiones y distancias a las cuales estas deben trabajar, en la figura 8 se puede observar uno de los procesos de calibración del sistema de visión

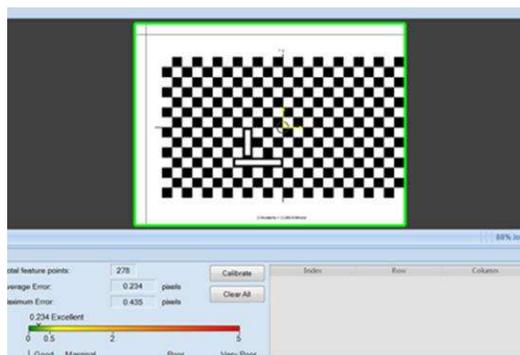


Figura 8. Pieza patrón para el proceso de calibración.

La programación de las regiones de interés (ROI por sus siglas en inglés), se definen por cada uno de los componentes que se desean inspeccionar. Para ello, es necesario posicionar cada una de las herramientas de inspección en los límites de los componentes tal y como se observa en la figura 9. Cabe recordar que esta programación se realiza en base a la pieza patrón observada en la figura 7

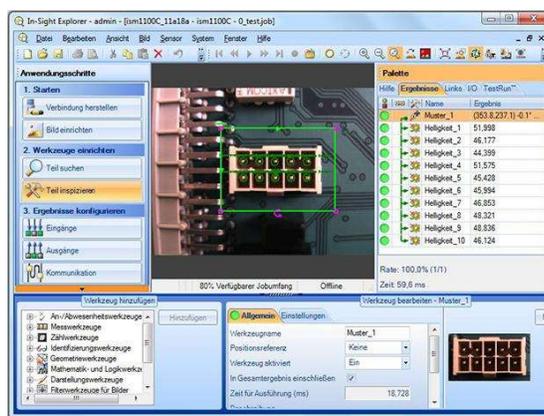


Figura 9. Definición de los ROI para uno de los elementos patrón de la figura 7.

Finalmente, para la programación de la tarjeta I/O se establecieron las siguientes pautas

- Si la pieza sale del patrón, se acciona el evento en la banda para separar el producto.
- Si la pieza no es reconocida por el sistema, esta es separada de la banda.
- Si la pieza es buena, continua en la banda al siguiente proceso.

En la figura 10, se observa parte de la programación empleada para la tarjeta I/O

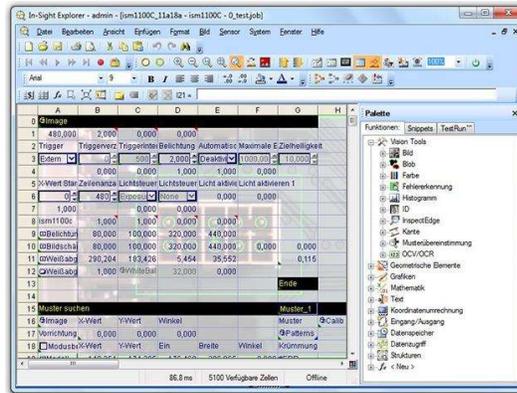


Figura 10. Programación empleada para la tarjeta I/O.

### Resultados del Proyecto.

El sistema montado en la banda transportadora se puede observar en la figura 11, este sistema como se puede observar contiene un espacio confinado con la cual se controla la cantidad de la luz que ingresa en esta, esto con la finalidad de que las condiciones no varíen durante la toma de imágenes y así contener la misma calidad de fotogramas por segundo que la aplicación requiere.

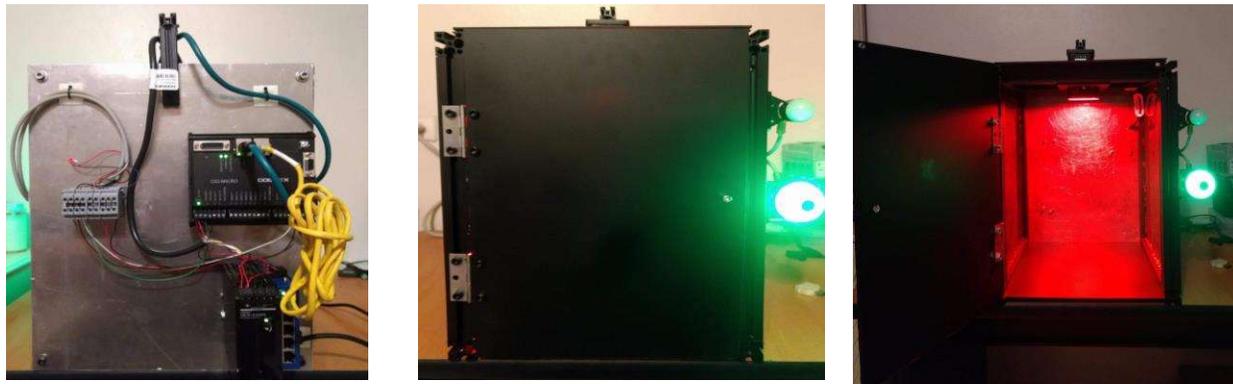


Figura 11. Vistas del sistema de visión montado en la máquina clasificadora

Para determinar la eficacia del sistema de visión se diseñó, la siguiente tabla 1 muestra la cantidad por modelos procesada por la máquina de inserción, así como la cantidad de piezas que se retrabajaron y se ahorraron para el scrap

Tabla 1. Cantidad de tablillas producidas contra la cantidad de piezas con fallos por las máquinas de inserción

Modelo de Tablilla	Piezas Producidas por mes	Piezas detectadas con fallos por el sistema de visión	Dinero Ahorrado por el sistema (en USD)
XA-2359/LE2	222,789	6100	\$ 7,494
XA-2359/LW2QO	150,254	1047	\$ 1308.75
XA-2359/LWQA	347,898	8658	\$ 10,449.16

Como se puede observar en la tabla 1, la empresa con el proyecto se ha estado ahorrando en promedio más de \$ 19,000 USD, con lo cual llega a ser casi el valor total del sistema de visión instalado, por lo que el retorno de la inversión es casi de inmediato para la empresa y a su vez, estos beneficios vienen acompañados de los costos de manufactura por el sorteo de piezas y el ahorro de procesar el scrap de las tablillas electrónicas, por lo cual las ganancias y/o ahorros de la empresa se incrementarían.

### Conclusiones.

En este documento se hace énfasis sobre la importancia de los sistemas de visión y su aplicación a lo largo de la industria, que a pesar de tener un costo elevado es conveniente agregar un sistema de este tipo a nuestro proceso, debido a que la inversión suele recuperarse de manera pronta, esto sin contar que la calidad de nuestro proceso suele incrementarse considerablemente, así como aumentar la productividad.

Por otra parte podemos reducir el recurso humano de nuestras operaciones así como el retrabajo a realizar de ser necesario.

El proyecto se dio inicio tras el rechazo de un 25% de una orden producción por una mal colocación de leds, en las siguientes semanas luego de la instalación del sistema de visión se notó una reducción del 35% del total de las no conformidades experimentadas por el cliente, también se redujo considerablemente los problemas de orientación de conectores, tipos de terminales y números de parte incorrectos. Anteriormente solo se contaba con un solo operador que realizaba inspección visual, la probabilidad de un escape de una tablilla con no conformidades era bastante alta. Dicho esto la reducción en gastos horas hombre, envío y desperdicio causados por un mal manejo fue de manera instantánea.

Existen diversos procesos de manufactura en la industria, en algunos casos no es necesario el uso de la automatización, en temas de procesar tablillas electrónicas es casi indispensable contar con un sistema de visión por su compleja inspección y tiempos de operación.

### Referencias

W. Gao, W. Liang and K. K. Tan, "Automated tube insertion on tympanic membrane based on vision-servo and tactile sensing," IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Dallas, TX, 2014, pp. 2706-2711.

B. Komati., "Automated robotic microassembly of flexible optical components," 2016 IEEE International Symposium on Assembly and Manufacturing (ISAM), Fort Worth, TX, 2016, pp. 93-98.

Golnabi, H., & Asadpour, A. (2007). Design and application of industrial machine vision systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(6), 630-637.

Wang, X., Wang, X., & Wilkes, D. M. (2020). A Computer Vision System for Visual Perception in Unknown Environments. In *Machine Learning-based Natural Scene Recognition for Mobile Robot Localization in An Unknown Environment* (pp. 35-60). Springer, Singapore.

Zhu, Z., & Zhijun, H. U. O. (2020). U.S. Patent Application No. 16/321,632.

Munera, Y. E. J., Mora, J. E. G., Lopera, J. C. L., & Mesa, E. M. R. (2020). Implementation of an Artificial Vision System for Welding in the Retrofitting Process of a Robotic Arm Industrial. In *Digital Imaging*. IntechOpen.

# Determinación de la energía solar con un sistema de información geográfica: Caso de estudio región de Coatzacoalcos

Dr. Francisco Espinosa Arenal<sup>1</sup>,  
Dr. Josept David Revuelta Acosta<sup>2</sup>, José Trinidad Cano Cruz<sup>3</sup>  
y Jesús Ricardo Medellín Martínez<sup>4</sup>

**Resumen**—Las energías renovables, hoy en día juegan un papel muy importante en la sociedad, la energía solar ha sido la de mayor crecimiento. El determinar el potencial solar de una forma rápida y precisa, es fundamental para poder dimensionar sistemas que ocupen la energía del sol. En este trabajo se presenta la simulación de la irradiación diaria promedio mensual con un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto. Los resultados modelados toman en consideración la topografía del terreno, el factor de claridad de la atmósfera, la posición geográfica y una constante solar extraterrestre. Los resultados simulados de irradiación son comparados con datos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y datos de radiación solar (SODA). Los resultados obtenidos tienen una buena concordancia, resultando de mayor aproximación los cálculos de este trabajo. Estos resultados validados permiten determinar el potencial solar en la región de Coatzacoalcos de manera rápida y con una mayor certidumbre, para sistemas fotovoltaicos o de concentración solar.

**Palabras clave**—Radiación solar, Irradiación, SAGA GIS

## Introducción

El calentamiento global debido a la emisión de gases efecto invernadero, nos dirige a utilizar fuentes alternas para la producción de energía eléctrica, una de las más populares en los últimos años ha sido la energía solar fotovoltaica, aunque también ha tenido un gran repunte en el país los sistemas concentración solar. Por lo tanto el poder medir la energía producida por el sol es fundamental para los sistemas que producen energía eléctrica a partir de la energía producida por el sol.

Las mediciones de la irradiancia global directa por medio de piranómetros han sido hasta ahora la mejor manera de medir la energía del sol en diferentes zonas geográficas de todo el mundo. México cuenta con mediciones de irradiancia a lo largo y ancho del país, a través de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs, 2019) del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) en conjunto con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Aunque existen las mediciones de varias décadas hasta la fecha no existe una distribución espacial suficiente, es decir la cobertura de las EMAs, no son suficiente para estimar el recurso solar en distintos puntos donde es necesario, como son la comunidades rurales, zonas de costas e incluso no es suficiente en ciudades donde se tiene EMAs. Algunas alternativas han sido la interpretación de datos por medio interpolaciones matemáticas o SIG. Se ha demostrado que los ecuaciones semi-empíricas desde hace de cada han servido para estimar energía que incide en la tierra a través de la radiación como lo describe Ångström (1924).

Con el surgimiento de los SIG a principios de los noventas, en conjunto con las ecuaciones para determinar la energía solar, tomando en consideración la trayectoria solar, las condiciones atmosféricas y una constante solar extraterrestre es posible determinar de forma temporal y espacial la energía solar en cualquier punto del planeta.

Uno de los primeros modelos SIG para calcular la irradiancia fue el SolarFlux (Hetric et al. 1993) basado en SIG (ARC/INFO) apoyado en la forma del terreno, los cambios estacionales y diarios en el ángulo solar, las sombras causadas por las características topográficas y la variación de las condiciones atmosféricas. r.sun calcula el rastreo de irradiación solar directa, difusa y reflejada en el suelo. El modelo r.sun calcula mapas de irradiación solar directa, difusa y reflejada, con resoluciones de hasta el orden de metros dependiendo de los modelos de elevación digital de

1 Francisco Espinosa Arenal Dr. es Profesor de Ingeniería en la Universidad Veracruz, Coatzacoalcos, Veracruz. [franciespinosa@uv.mx](mailto:franciespinosa@uv.mx)

2 Josept David Revuelta Acosta Dr. es Profesor de Ingeniería en la Universidad Veracruz, Coatzacoalcos, Veracruz. [jrevuelta@uv.mx](mailto:jrevuelta@uv.mx)

3 José Trinidad Cano Cruz es Estudiante de Ingeniería Mecánica en la Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, México [jsetrinidad1994@hotmail.es](mailto:jsetrinidad1994@hotmail.es)

4 Jesús Ricardo Medellín Martínez es Estudiante de Ingeniería Mecánica en la Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, México [jesusricardomedellin@gmail.com](mailto:jesusricardomedellin@gmail.com)

entrada, Neteler y Mitasova (2008) incorporan este modelo a GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System). GRASS GIS también está incorporado en QGIS (2018), el cual es más popular por su versatilidad y fácil manejo. Diferentes estudios sobre radiación solar se han desarrollado r.sun (Bergamasco y Asinari, 2011), (Gašparović et al. 2018). El modelo System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) es un SIG de código abierto el cual puede calcular la insolación (Conrad et. al 2015), (Böhner y Antonić, 2009).

Una de las formas más usual para determinar el recurso solar es a través de mapas solares en línea, esta forma de determinar el recurso, ha sido ampliamente utilizada en su mayoría en sistemas fotovoltaicos. La NASA Power project (Stackhouse et. al 2018) presenta un mapa de radiación solar con aproximadamente 55 km de resolución. El Sistema de información geográfica fotovoltaica (PVGIS), Comisión Europea JRC (Šúriet et al. 2005) utilizan la base de datos que se basa en el cálculo de datos satelitales de Meteosat y ofrece promedios a largo plazo del recurso solar, así como datos por hora. El proyecto de la Escuela de Mina en París HelioClim, a base de datos del satélite de radiación solar de 20 a 30 km de resolución (Lefèvre et. al 2007) está disponible de forma gratuita en: <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-1>.

Pocos estudios se han realizado para determinar el potencial solar en la región de Coatzacoalcos. En el año 2015 (Hernández-Escobedo et al. 2015) se realizó el estudio del recurso solar en el golfo de México, donde fue incluida la EMAs Presa la Cangrejera que se encuentra en Coatzacoalcos y genera mapas del potencial solar son un SIG.

Aunque existe una gran cantidad de estudios del recurso solar en el país, no existen muchos en la región de Coatzacoalcos, por lo tanto este trabajo se desarrolla para estimar este recurso utilizando el modelo SAGA GIS para modelar los mapas solares de la región y son comparados con mediciones locales y mapas solares globales.

## Descripción del Método

### Modelo SIG

El modelo System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) es un SIG de código abierto, cuenta con un modelo "Potencial de radiación solar entrante" (Böhner y Antonić, 2009) el cual toma en cuenta la orientación relativa de la tierra con respecto al sol, nubosidades y otras obstrucciones de la radiación y la altura topográfica.

En la figura 1 se observa la orientación de la tierra con respecto al sol, estos ángulos se pueden determinar con las siguientes ecuaciones:

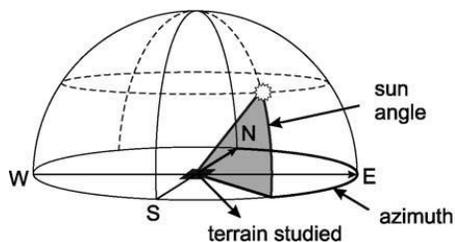


Figura 1. Elevación del sol y acimut. Fuente: (Böhner y Antonić 2009).

$$\delta_s = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (1)$$

Donde  $\delta_s$  es la declinación solar y  $n$  es día del año solar Juliano. El ángulo de elevación horario se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_s = \frac{(ST-12) \cdot 15^\circ}{h} \quad (2)$$