

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” - FACULTAD TECNOLÓGICA
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	CESAR AUGUSTO	
Apellido (s):	MEDINA FIGUEROA	
Código:	20131375066	
E-mail:	cesar21214@gmail.com	
Teléfono fijo:	7611787	
Celular:	3112002736	

Ejecutor 1

Nombre (s):	JORGE EDUARDO	
Apellido (s):	GONZALEZ GONZALEZ	
Código:	20131375112	
E-mail:	Jorgegonzalez2250@gmail.com	
Teléfono fijo:	8922760	
Celular:	3123735645	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑAR UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CAPAZ DE MEDIR LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DEL ÁREA SUPERFICIAL BIDIMENSIONAL DE LAS PIEZAS ANGULARES PERFORADAS	
Duración (estimada):	4 MESES	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una “x”)	Innovación y Desarrollo Tecnológico	X
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
Línea de Investigación de la Facultad*:	OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
Áreas del conocimiento que involucra:	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. John Alejandro Forero Casallas
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Ing. John Alejandro Forero Casallas

**DISEÑAR UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CAPAZ DE MEDIR LAS
CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DEL ÁREA SUPERFICIAL
BIDIMENSIONAL DE LAS PIEZAS ANGULARES PERFORADAS**

**CESAR AUGUSTO MEDINA FIGUEROA
JORGE EDUARDO GONZALEZ GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

TABLA DE CONTENIDO

0.	INTRODUCCION	4
1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.	OBJETIVOS.....	17
3.	MARCO TEORICO	18
4.	METODOLOGIA	22
5.	CRONOGRAMA.....	25
6.	PRESUPUESTO	26
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	27

0. INTRODUCCION

Uno de los sentidos más importantes de los seres humanos es la visión. Ésta es empleada para obtener la información visual del entorno físico. Según Aristóteles, “Visión es saber que hay y donde mediante la vista”. De hecho, se calcula que más de 70% de las tareas del cerebro son empleadas en el análisis de la información visual. La visión humana es el sentido más desarrollado y el que menos se conoce debido a su gran complejidad. Es una actividad inconsciente y difícil de saber cómo se produce. De hecho, hoy en día, se carece de una teoría que explique cómo los humanos perciben el exterior a través de la vista.

Tomado de

Enciclopedia Británica Online, consultada el 1 de junio de 2010

La Visión Artificial es una herramienta que se basa en el funcionamiento de la visión humana para realizar análisis de las imágenes y establecer la relación entre el mundo tridimensional y las vistas bidimensionales tomadas de ellas, con la diferencia de que usa un sistema de cómputo para obtener y entender la descripción de los objetos captados. En otras palabras, la visión artificial consiste en la adquisición y análisis automático de imágenes sin contacto, con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad como por ejemplo: el control de calidad, ordenación por 168 calidades, manipulación de materiales, test y calibración de equipos, monitorización de procesos entre otros.

Algunos de los objetivos típicos de la visión artificial incluyen: la detección, segmentación, localización y reconocimiento de ciertos elementos u objetos en imágenes, la evaluación de los resultados obtenidos y registro de diferentes imágenes de una misma escena u objeto. Estos objetivos se consiguen por medio de reconocimiento de patrones, aprendizaje estadístico, geometría de proyección, procesado de imágenes, teoría de gráficos y otros campos.

La visión artificial es un campo de la inteligencia artificial que posibilita el análisis automático de imágenes obtenidas por medios digitales. El proceso completo consiste en capturar la imagen, digitalizarla e interpretarla.

Para conseguir que este diagnóstico se pueda realizar de manera autónoma, los sistemas de visión artificial modelan matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos, generando algoritmos que permiten simular estas capacidades visuales.

La visión artificial es como el sentido de la vista para el ordenador, y por tanto nos brinda la oportunidad de automatizar y mejorar muchos procesos en infinidad de ámbitos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las máquinas y procesos de producción a gran escala nos han mostrado que se requiere de un control de calidad de los elementos fabricados antes de ser entregados a los clientes o distribuidores para que estos se encuentren en el margen de imperfección y puedan ser ofrecidos al público.

En un primer momento se usaba el ojo humano como elemento de comparación y calificador de calidad de un producto, después se introdujo el uso de máquinas y mecanismos que nos mostraban de manera visual el desfase de una pieza respecto a una realizada de modo correcto, en la actualidad es decir desde los años 80`s la mayoría de las industrias han optado por usar sistemas de medición por computador y software, los cuales requieren de sensores, acelerómetros y demás dispositivos para realizar dicha comparación, además de post procesadores que realicen la digitalización y nos muestren los resultados de forma que sean entendibles para el lector.

En Europa Asia y Estados Unidos se han venido implementando métodos de medición automática y virtualización como por ejemplos los sistemas CMM (Maquina de Medición por Coordenadas) por sus siglas en inglés, esos dispositivos son usados para piezas de tamaños medianos y grandes. En Suramérica son pocas las industrias que para mejorar sus procesos optan por la medición automática y en su mayor medida son las industrias relacionadas con el automóvil las cuales implementan este tipo de elementos, además son pocas las investigaciones que se realizan en el continente en relación con este método de medición, por ejemplo en nuestro país se encuentran investigaciones de sensores ópticos para la medición de la velocidad de móviles en tubos para la realización de laboratorios de física y la utilización de interferometría para medir elevaciones en aplicaciones electrónicas sencillas, encontrando que son pocos los desarrollos en la materia de la medición basada en visión.

En la industria metalmecánica colombiana de la construcción, se elaboran grandes lotes de producción de base para estructuras, como perfiles,

ángulos, láminas y además de elementos soldados a los cuales se realiza una comparación geométrica con instrumentos comunes (tómense flexómetros, reglas, calibrador vernier) para realizar la verificación de calidad; en algunas industrias se usan máquinas de control numérico CNC para fabricar los elementos antes mencionados pero estos también sufren un proceso de verificación geométrica dimensional manual. Dicha situación se produce por los costos de importación y capacitación del personal que realice la calibración y operación de los equipos de medición usados en la industria avanzada tipo europea.

El atraso tecnológico acarrea un desperdicio de tiempo y material fabricado sin contar la mano de obra requerida para la verificación, que puede afectar las utilidades de una compañía para entregar un producto y recibir la remuneración.

En la fabricación específicamente de perfiles tipo angulares para el ensamble y la construcción de torres de transmisión de energía en Colombia; los ángulos se perforan para ser unidos con otros y tener las formas que constituyen estas estructuras en torre, en la empresa colombiana líder en la fabricación de estas piezas, estos elementos son verificados a mano generando errores en el procedimiento de control de calidad y rechazos por parte de los clientes por demoras en las entregas de las torres terminadas.

Encontrar un dispositivo capaz de realizar esta verificación y comparación con respecto a una base de elementos precargados ayudaría a mejorar los tiempos de entrega y disminuir las inconformidades de los elementos terminados.

1.1. ESTADO DEL ARTE.

En la actualidad los sistemas de visión artificial son usados en varias partes del mundo como herramienta para la verificación metrológica de elementos de producción metalmeccánica e industrial, estos desarrollos están ubicados fuera de nuestro país, es decir, en Europa, Asia y Norte América; a través de la red mundial de información se pueden encontrar catálogos y ventas de artículos para la medición por visión, dado el caso recurrimos a las bases de

datos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad Nacional de Colombia, utilizando como palabras clave visión artificial, inspección en línea, pieza mecanizada, procesamiento de imágenes, software de metrología, entre otras; a medida que se realizó la búsqueda se procedió a utilizar un periodo no mayor a diez años de publicación utilizando como fuentes académicas y especializadas: revistas, artículos especializados, tesis, entre otros.

En el mundo que nos rodea se observa que la visión artificial se encuentra en la fabricación de la producción estandarizada, donde se tiene la automatización como un objetivo general para la mejora continua de los diferentes parámetros de la calidad.

A continuación presentamos algunos planteamientos encontrados sobre el tema de la medición por visión empezando por estos investigadores que proponen una técnica para medir elevaciones y compararla con un bloque patrón por medio de un interferómetro.

A high precision step height measurement system of optical fiber multiplexed interferometry

Tomado de la página web.

<http://www.sciencedirect.com.bdigital.udistrital.edu.co:8080/science/article/pii/S0263224114003807> quienes sus autores del artículo son: Sen Ma, Fang Xie, Yunzhi Wang, Liang Chen

Uno de los temas destacados del artículo es:

“The maximum step height that can be measured is 6 mm while the measurement resolution is less than 1 nm. The standard deviation of 10 times of the measurement results of a gauge block with the height of 1 mm is 0.5 nm.”

Los investigadores se proponen encontrar la máxima precisión al medir un escalón entre dos bloques patrón, estos lo realizan con un interferómetro de haz de luz pero con dos clases de interferómetro una de alta para encontrar la medida del escalón y otra de baja interferómetro para encontrar el rango de medidas del escalón a través de realizar un bucle de retroalimentación eliminan los errores debidos a las condiciones ambientales hallando una estabilización en la señal de retroalimentación al espejo sensor del interferómetro y por lo tanto encontrando una resolución máxima de 6 mm con desviación de 0.35 nm que su propósito principal es la medición de

elevaciones en los circuitos integrados, micro-chips, pantallas para teléfonos móviles y pantallas para televisores entre otros.

Otro de los casos a resaltar son: “La altura de paso máximo que se puede medir es de 6 mm, mientras que la resolución de la medición es inferior a 1 nm. La desviación estándar de 10 veces de los resultados de la medición de un bloque patrón con la altura de 1 mm es de 0,5 nm.”.

Este documento presenta otra metodología para encontrar la medición de elevaciones con el uso del interferómetro este planteamiento invita a evaluar el equipo de medición para el proyecto pero debido a la condiciones ambientales y de movimiento del equipo para nuestra medición no conviene usar esta metodología.

Continuando con las investigaciones anteriores los siguientes autores se encuentran que hay una discrepancia entre la calibración del robot que realiza perforaciones y la ubicación en la realidad industrial.

Measurement error analysis and accuracy enhancement of 2D vision system for robotic drilling

Tomado de la página web.

<http://www.sciencedirect.com.bdigital.udistrital.edu.co:8080/science/article/pii/S0736584513000732>



Se toman los siguientes apuntes

“Se puede observar que cuando $-2 \leq \Delta z \leq 2$ (Precisión de los robots y precisión del montaje de estructuras de panel de aviones industriales son por lo general a nivel de mm), $0 \leq s \leq 10$ mm, el error máximo de medición es 0,0943 mm, lo que es significativo para el sistema de visión 2D en la perforación de robótica. Por lo tanto la distancia del objeto también debe ser controlada eficazmente”.

Los investigadores chinos proponen encontrar los errores al perforar y comparar la medición con los modelos CAD establecidos; encontrando que para la fabricación de aeronaves donde la precisión de las perforaciones es muy importante ya que además de manejar materiales como la fibra de carbono y el titanio los esfuerzos son enormes al material y por ende se requiere una excelente fabricación y a su vez que ésta se pueda contrastar con el modelo en CAD.

A través de evaluar los tres parámetros que se habían determinado con el error de perpendicularidad del eje respecto a la cámara y la distancia entre la superficie y el lente de la cámara que para aclaración es una lente de imagen 2D que permite encontrar defectos en hasta 0.1 mm; se encontró que utilizando cuatro sensores laser se puede eliminar el error del ángulo de la cámara con respecto a la pieza.

“By using the proposed method in this paper, the vision system can achieve a measurement accuracy of approximately 0.1 mm, which meets the accuracy standard of robotic drilling.”.

“Al utilizar el método propuesto en este trabajo, el sistema de visión puede alcanzar una exactitud de medición de aproximadamente 0,1 mm, lo que cumple con el estándar precisión de perforación robótica.”

En conclusión se encontró que se pueden disminuir los errores en la medición y perforación con la implementación de los sensores laser acompañados con la cámara industrial 2D. Este concepto nos enseña que una parte fundamental de la verificación de las perforaciones en una pieza perforada es la perpendicularidad de la cámara con respecto a la superficie.

Basados en el costo de la calibración de un robot además del tiempo muerto de este procedimiento los realizadores del artículo posterior se encaminan en realizar la calibración de los robots a través de cámaras comerciales para este fin.

“Robot calibration using a 3D vision-based measurement system with a single camera” cuyos autores del artículo son: José Maurício S.T. Motta, Guilherme C. de Carvalho·R.S. McMaster

Tomado de la página web

<http://www.sciencedirect.com.bdigital.udistrital.edu.co:8080/science/article/pii/S0736584501000242>

los investigadores encontraron que la calibración de un robot puede tardar hasta 400 horas y es muy costoso para la compañía que requiere este servicio, los robots que usa la industria automotriz se deben calibrar por cuenta de respetabilidad de la programación en el modelo de trabajo, para el ejemplo se tomaron robots PUMA que se usan para soldar partes de carrocerías de automóvil pero que debido a los mismos componente como los engranes y la programación se des configuran y producen errores en la ejecución del programa.

Las compañías que calibran estos equipos aplican el secreto industrial lo que dificulta el desarrollo de alternativas para la calibración de los robots, en consecuencia los autores del artículos acuden a la medición por visión para encontrar una solución con una precisión media usando programación lineal y creando el modelo del movimiento del robot.

“Los resultados muestran que la precisión media alcanzada usando una cámara común off-the-shelf CCD varía desde 0,2 hasta 0,4 mm, a distancias 600-1000 mm de la diana”

En conclusión los sistemas de medición por medio de cámaras son una alternativa para la calibración de robots industriales, esta es la posición de los investigadores que encontraron una precisión entre 0.2 mm-0.4 mm, con una cámara CCD. La técnica utilizada por los autores del artículo es la de usar múltiples enfoques con una cámara colocada en el robot con brida, para la articulación de las imágenes con las medidas se usó programación lineal lo que llevó a una precisión media entre distancias de 600 mm a 1000 mm lo cual nos muestra una buena distancia entre el lente y la superficie, esta

investigación es muy importante debido a que la industria es muy suspicaz con la información de sus máquinas para calibración, ya que el proceso de comprobación es costoso la alternativa de usar una cámara para la medición por visión es muy recomendable para elementos que requieran de una precisión media.

En equipos de medición se encuentra la empresa INOVALIA la cual nos presenta una innovación para usar sus mesas de medición en cooperación con otras empresas de sensores como OPTISCAN para producir una mesa de medición óptica con alta precisión para piezas de gran tamaño.

Máquina de medición con sensor óptico de alta precisión para medir grandes piezas

Tomado de la página web

http://www.revistatope.com/145_art_innovalia2_MED.html

Inovalía, una asociación de empresas articula una mesa para medición llamada LAND DUPLEX con un sensor óptico OPTISCAN para la medición, digitalización y además trazado de elementos mecánicos y estáticos tan grandes como automóviles completos, ellos complementan dos dispositivos uno es la mesa de medición con brazos y el sensor óptico el cual le otorga rápida visualización y comparación, la maquina también puede usarse sin la mesa utilizando los dos sensores laterales los cuales son los que aumentan la velocidad de digitalización tridimensional

“La medición industrial tridimensional de grandes piezas cuenta con un nuevo dispositivo de gran versatilidad, que se puede emplear también en el digitalizado, escaneo y trazado de piezas de todo tipo. Esta máquina, al incorporar dos brazos de medición, garantiza el control de las piezas y es apta para ser utilizada en sectores como la automoción, el ferroviario, el aeronáutico o el eólico.”



FIGURA 1 tomado de

http://www.revistatope.com/145_art_innovalia2_MED.html

El sistema nos brinda una configuración tentativa del dispositivo según las condiciones aproximadas de operación ya que en la planta no se cuenta con un piso adecuado para la fijación de una mesa ni el aprovechamiento de la precisión de la misma, el sistema al usar dos sensores ópticos nos informa al igual que los demás artículos en este documento de las posibilidades de usar una cámara como dispositivo óptico para nuestra aplicación.

Para que estas tecnologías requieran del software para el procesamiento de las imágenes para compararlas con unas preconcebidas, los siguientes autores nos muestran como es el procedimiento de imágenes teniendo en cuenta una detección automática.

Tecnología de detección automática de defectos superficiales en productos de plástico basado en visión artificial

Tomado de la página web

<http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/xpls/icp.jsp?arnumber=5536470> cuyos autores del artículo son: Bin Liu, Shengjin WuShifang Zou

“El sistema de visión artificial consta de fuente de luz, el módulo de formación de imágenes ópticas, el módulo de captura de imagen, la adquisición de imágenes y el módulo de digitalización, el módulo de procesamiento de imágenes y decisión inteligente, el control y el módulo de aplicación. Estos módulos constituyen un sistema de visión artificial industrial integrada”.

Se determina como esta Tecnología de detección de defectos de superficie ha sido ampliamente utilizado como un medio importante de control de calidad. En el pasado, esto se puede hacer con la observación a simple vista, que el trabajo es aburrido, tedioso y repetitivo, lo que puede hacer error. Por otra parte, el trabajo de largo plazo haría daño a la salud de los trabajadores, se confirma la ubicación de los elementos básicos y determinantes para esta inspección visual, herramientas esenciales.

Se determinan los sensores utilizados para el uso respectivo de partes para poder tener en cuenta en el desarrollo del proyecto de diseño.

“El CCD (dispositivo de carga acoplada) cámara se aplica ampliamente en la visión artificial proceso de adquisición de imágenes. El CCD lineal emplea circuito integrado matriz lineal como su sensor,

El reconocimiento de imágenes, es clasificar las imágenes después de la transformación y determinen sus categorías. Es capaz de seleccionar entidades de destino, medir ciertos parámetros, extraer estas características y en última instancia clasificarlos en términos de resultados de la medición. Por lo tanto, el reconocimiento de imágenes es facilitar imágenes de clasificación, y analizar toda la imagen mediante la búsqueda de características (por ejemplo, forma y textura) en las áreas después de la segmentación, es decir, la extracción de características.

La determinación en tiempo real ayuda a una toma de decisiones más pronta del procesamiento de un control de calidad.

Los autores determinan la utilización de una matriz lineal para confirmar la toma de las imágenes, la forma continua de tomarlas, realizar la comparación con la determinada base de datos , confirmación y principales funciones, con el fin de tomar la comparación exacta y así confirmar cuales son los posibles errores tomados en cada incongruencia con respecto con el material tomado, es importante tomar los factores principales que afectan el resultado del reconocimiento de la imagen, es decir, la selección de las entidades de destino y de los algoritmos de clasificación. La precisión de una función de selección de destino, es crucial para resultado del reconocimiento y el cálculo de algoritmo de clasificación.

“Como Gabor transformada wavelet bien puede describir los problemas despertaron de neuronas visuales biológicos”

Al ajustar sus características espaciales y de muestreo de frecuencia de acuerdo en cuanto a las necesidades visuales específicas, obtener características de interés, muchos investigadores han prestado gran atención al filtro de Gabor y su aplicación en la imagen clasificación y máquina de visión, se realiza una profundización por los autores un procesamiento lógico por medio de redes neuronales lo cuales determinan un mapa ordenado funcionamiento.

“Prabuwono et al. Desarrollo un sistema inteligente inspección visual (IVIS) para la máquina de embotellado, centrándose en el desarrollo del marco de procesamiento de imágenes para la detección de defectos,

Los autores demuestran por medio de la muestra el sistema de inspección visual inteligente para los defectos de la superficie de botellas de plástico. Los resultados del experimento mostraron que el sistema era lo suficientemente precisa para detectar objetos que se mueven a 106 revoluciones por minuto y la exactitud de la adquisición de la imagen era 94,264%.”

En este tema los investigadores dan a conocer las funciones utilizadas para la confirmación de las inspecciones visuales contorno de muestreo complejos de algoritmos confirmación de los algoritmos; teniendo en cuenta algunos logaritmos que utilizas para esta inspección visual, con el cual ambos autores determinan el procesamiento de imágenes a gran escala esta inspección de línea con una estado estático con la siempre determinación y comparación de la base de datos estandarizados.

El uso de la visión artificial es usado además para medir la precisión de otros sistemas de medición, como por ejemplo en la posición de motores paso a paso como se demuestra a continuación.

LA APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL EN LA INSPECCIÓN DE LA PRECISIÓN DE CONTROL DE POSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES

Tomado por la página web

<http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=971794&queryText%3Dmachine+vision>

“Sistemas de control de la posición del motor, por ejemplo, el lanzador de la artillería de pitcheo sistema de control de ángulo y sistema de control de la máquina herramienta en movimiento, son los sistemas más utilizados en diversos campos”

Se determina la posición por una base estática con un motor giratorio determinando los ángulos necesarios, en la parte a inspeccionar donde podría especificar un escaneo completo con el fin de cubrir la mayor parte de la inspección visual.

Se encuentra una rama muy importante como la estructurada-luz, como la gran escala de inspección, sin contacto, relativamente alta precisión, fácil extracción de la información de la raya de luz, etc.

“Función de base radial (RBF) red neuronal, una alta precisión RBF ANN modelo de correlación relativamente del sistema de inspección-estructurada luz desarrollado está establecido, que tiene una precisión de las pruebas de 0.081mm y una precisión de formación 0.053mm”

La determinación del Red neuronal RBF tiene tres capas dada por los autores como se muestra en el artículo, da a conocer los nodos de la capa de entrada se dónde simplemente para empezar a transferir señales de entrada a la capa oculta. Los nodos de la capa oculta consisten en funciones de operación tales como la función kernel de Gauss. Los nodos de la capa de salida por lo general consisten de algunas funciones lineales simples.

1.2. JUSTIFICACION

La visión artificial está cada día más implantada en el control de procesos industriales y control de calidad, por lo que es fundamental introducir esta tecnología en los contenidos de los ciclos formativos industriales.

Otro aspecto importante, se da en el hecho que la visión artificial puede convertirse en una puerta de entrada al mundo del control de calidad y de la inspección desde un punto de vista 100% práctico dando un giro de 180° a lo

que hasta ahora se viene haciendo en los créditos de FP relacionados con la calidad en los procesos productivos

En el área industrial nuestro país está en proceso de desarrollo. Se han instalado y se seguirán instalando plantas metalmecánicas para la confección de equipos y piezas para satisfacer la demanda interna de nuestra industria.

En el proceso de fabricación es Control de calidad y, tenga razón o no el usuario, la empresa debe proveer a Control de Calidad los equipos y el personal profesional necesario de acuerdo a la línea de trabajo. Si se comprueba que efectivamente la falla se ha producido por falta de un adecuado control, es la oportunidad de hacer una revisión total del proceso de control, hacer las correcciones necesarias, para que no vaya a repetirse esta situación. Si las pruebas y exámenes demuestran que la falla no se ha producido por el proceso de fabricación, Control de Calidad debe poner en conocimiento del usuario que los probables causas de la falla podrían ser el diseño no adecuado de la pieza, que el material empleado no es el correcto o que se ha excedido en el servicio del equipo.

En el proceso de fabricación de elementos para construcción de torres de conducción de energía eléctrica a partir de perfiles angulares como es el proceso de producción de la empresa en la cual se basa este proyecto de investigación, encontramos que en el mercado no se encuentran dispositivos o máquinas que realicen labores de verificación de calidad post-producción de los ángulos fabricados en cuestión, una aproximación de un dispositivo que puede ser utilizado para este fin sería la adecuación de la mesa de medición por coordenadas de la compañía **INOVALA** la cual puede manejar piezas fabricadas de grandes dimensiones en nuestro caso de longitud mayor a 1000 mm.

En otro formato de verificación y digitalización podemos encontrar por ejemplo la máquina de medición por coordenadas CMM de la compañía **CREAFORM** la cual ha desarrollado un dispositivo portátil y de fácil manipulación para crear modelos digitales en tres dimensiones de múltiples elementos(a color y con una precisión de hasta 22 μm); pero que para la aplicación específica serían desaprovechados y costosos, entendiendo que la aplicación concreta de la empresa no requiere de modelos en 3D.

Por lo tanto se requiere para este tipo de industrias en nuestro país un dispositivo de bajo costo que pueda manejar elementos hasta de 150 mm por 1500 mm que sea de fácil operación e innovador en su sistema de escaneo, como por ejemplo a través del procesamiento de imágenes fotográficas y no de escáneres laser con búsqueda de puntos objetivos para una pieza específica.

Los sistemas de medición por visión son capaces de realizar tareas repetitivas con precisión y rapidez encontrando detalles no visibles, puesto que pueden trabajar fuera del espectro visible aumentando la efectividad en el procedimiento de calidad; la fase en que puede ser incorporado el dispositivo está antes de los procesos de galvanizado, acabado final y entrega al cliente, lo que resulta en beneficios respecto al consumo de energía y el uso del material para el proceso de galvanizado, aparte de la reducción de tiempo muerto por el departamento de calidad y algo fundamental para la reputación de la compañía como es la eliminación de devoluciones por parte del cliente.

2. OBJETIVOS

- El objetivo general como ya se ha mencionado es: Diseñar un Sistema de Visión Artificial capaz de capturar la imagen de una pieza mecanizada y medir las características más relevantes del área superficial bidimensional de las piezas angulares perforadas. Convirtiéndose en los objetivos específicos siguientes:

- -Definir la toma de imágenes por medio de un dispositivo visual que pueda integrar el procesamiento de imágenes dentro de la propia cámara.

- -Diseñar la estructura de soporte y de movimiento de la cámara, que restrinja el movimiento a un solo eje.

- -Determinar por comparación si las dimensiones de las piezas son correctas o no, con márgenes de tolerancia por medio de un sistema de software especializado.

- -Elaborar la programación en el programa Labview para la relación entre el movimiento del dispositivo en el eje paralelo a la pieza y el origen del elemento perforado en la fotografía.

- -Acoplar el dispositivo móvil a la cámara para la posterior realización de pruebas y evaluación de resultados.

- -Determinar la relación costo beneficio del dispositivo en comparación con los sistemas existentes y el procedimiento actual de la compañía.

- -Analizar la viabilidad en la producción del dispositivo.

3. MARCO TEORICO

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales. La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados. Con la visión artificial se pueden: Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores. Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales. Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico. Realizar la inspección del 100% de la producción (calidad total) a gran velocidad. Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados. Realizar inspecciones en procesos donde existe diversidad de piezas con cambios frecuentes de producción. Las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria actual son: Identificación e inspección de objetos. Determinación de la posición de los objetos en el espacio. Establecimiento de relaciones espaciales entre varios objetos (guiado de robots) Determinación de las coordenadas importantes de un objeto. Realización de mediciones angulares. Mediciones tridimensionales. Métodos de captación de las imágenes. Digital. La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero. Los valores que esta función toma en cada punto dependen del brillo que presenta en esos puntos la imagen original. Píxel. “Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La resolución estándar de

una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel. Nivel de grises. Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto es cuantificada, dando lugar a un número denominado "nivel de gris". Imagen binaria. Es aquella que sólo tiene dos niveles de gris: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL"

Tomado de

<http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>.

El uso de sistemas de medición por visión es ampliamente desarrollado desde los años 80`s en diferentes países; cada industria ha tomado una tecnología a partir de la aplicación a solucionar, decir parten de la precisión, longitudes, tipo de industria, tipos de fabricación, puesto que no es lo mismo medir un engrane para un reloj que una puerta para una camioneta de trabajo , en este caso la precisión de la medición cambia de micras a milímetros que en términos mecánicos es una gran diferencia, algunos investigadores han usado interferómetros para determinar escalonamientos y elevaciones en tarjeta y microchips en los cuales la precisión deseada es menos a 0.010 mm en cambio para el uso automotriz como por ejemplo los robots soldadores la toma de dimensiones geométricas se realiza por medio de cámara con una buena precisión pero no mayor a 0.1 mm que para nuestro problema es muy pertinente.

En nuestro país hemos encontrado que hay contables desarrollos del método de la medición por visión un argumento de esto es la investigación llevada a cabo en universidad distrital por estudiantes que mejoran la calibración de robots en los laboratorios, en pequeña industria colombiana es necesario encontrar soluciones de bajo costo con especificaciones aceptables para su producción a escala..

La industria internacional no ve en la medición por visión a través de cámaras un beneficio puesto que esta misma no presenta una presión alta, pero también se ha encontrado que por ejemplo la industria automotriz a investigado como recalibrar sus robots de forma económica usando esta tecnología, por lo tanto aunque no exista un dispositivo como tal la idea puede ser usada para aplicaciones como la determinada en este proyecto.

Un campo muy ligado a la visión artificial es el procesamiento de imágenes. Aunque ambos campos tienen mucho en común, el objetivo final es diferente. El procesamiento de imagen consiste en aumentar la calidad de la

imagen mejorando propiedades de color, contraste, estructura; quitando defectos; removiendo problemas por desenfoque; agregando colores a imágenes monocromáticas para su posterior interpretación. La visión artificial extrae características de una imagen para su descripción e interpretación por el ordenador como pueden ser; determinar la localización y tipo de objetos en la imagen; analizar un objeto para determinar medidas y definir su calidad (González et al., 2006). La clasificación con técnicas de visión artificial según (Vélez et al., 2003) implica las siguientes fases:

- La primera fase, consiste en la captura o adquisición de la imagen digital mediante algún tipo de dispositivo de acuerdo al objeto que se analizará.
- La segunda fase, consiste en el tratamiento digital de la imagen, con objeto de facilitar las etapas posteriores. En esta etapa de procesamiento previo es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes indeseables de la imagen o se realizan partes interesantes de la misma.
- La tercera fase, se conoce como segmentación, y consiste en extraer las características de los elementos del objeto que interesan en la imagen.
- La cuarta fase, es la etapa de reconocimiento o clasificación en ella se pretende distinguir los objetos segmentados, con el análisis de ciertas características que se establecen para diferenciarlos. Un sistema de visión artificial actúa sobre la representación de una realidad que proporciona información sobre brillo, colores, formas, etcétera. Estas representaciones suelen estar en forma de imágenes estáticas, escenas tridimensionales o imágenes en movimiento (Vélez et al., 2003).

Los sistemas de visión también pueden ser usados para leer códigos de barras con un mayor grado de confianza que un escáner láser. Incluso si una gran parte del código de barras está oculto por suciedad, un sistema de visión, por lo general, puede leerlo, mientras que un lector de códigos de barras convencional no. Además de códigos de barras, los sistemas de visión también se usan para leer códigos matriciales de dos dimensiones, donde los códigos pueden contener mucha más información que un código de barras unidimensional.

Para finalizar se toman las ideas del control de calidad; Hoy en día, en muchos procesos de fabricación, los límites de detección de defectos han superado la percepción del ojo humano; por esta razón las empresas del mundo moderno han visto la necesidad de crear un sistema que permita controlar en forma precisa y acertada la calidad de sus productos. Todo proceso industrial es evaluado por la calidad de su producto final, esto hace de la etapa de control de calidad una fase crucial del proceso. Los mecanismos utilizados para establecer la calidad de un producto varían dependiendo de los parámetros que tengan relevancia en el mismo. Cuando

el parámetro relevante es la geometría o forma del objeto fabricado se suele dejar a la vista del operario que lleve a cabo tal función tanto de inspección como de verificación para el control de calidad, sin embargo pueden existir errores en la geometría de un objeto que escapen de la vista de un operario y que luego impidan el buen funcionamiento de dicho objeto. En un caso como éste, surge como una buena alternativa el utilizar un sistema de visión artificial capaz de detectar aquellos errores que un operario pudiera pasar por alto. Los beneficios que se obtienen con esta tecnología hablan por sí solos:

Los sensores de visión usados más recientemente son los basados en matrices de dispositivos acoplados por carga CCD; estos transductores proporcionan una señal con amplitud proporcional a la luminosidad de la escena y realizan una digitalización espacial completa en dos dimensiones (líneas y columnas), pues descomponen la imagen en una matriz de puntos.

La codificación de la brillantez de cada elemento de imagen o pixel, obtenido de la digitalización espacial, se hace generalmente en 8 bits, mientras que la resolución de la discretización espacial de una imagen puede ser por ejemplo de 320*240 píxeles. La tecnología CCD interline transfer (IT) y frame interline transfer (FIT) identifica el tipo de CCD, cada uno de ellos tiene aspectos positivos y negativos.

Algunos sistemas de visión no utilizan una cámara matricial, en su lugar se usa una cámara lineal que produce una sola línea o fila de píxeles. La imagen bidimensional se genera a medida que el objeto pasa bajo la cámara lineal, aprovechando su movimiento, normalmente generado por una cinta transportadora. Uniendo las distintas filas de píxeles obtenidas a diferentes intervalos de paso, se obtiene una imagen bidimensional.

Una etapa importante de la VA es el pre procesamiento de imágenes, es decir, la transformación de la imagen original en otra imagen en la cual hayan sido eliminados los problemas de ruido granular de cuantización o de iluminación espacialmente variable. La utilización de estas técnicas permite el mejoramiento de las imágenes digitales adquiridas de acuerdo a los objetivos planteados en el sistema de VA.

El software de visión artificial para reconocimiento de objetos será desarrollado en un lenguaje de programación. Sin embargo, se determinarán las diferentes facilidades que los lenguajes ofrecen para la lectura y procesamiento de imágenes.

Con el objeto de poder analizar una imagen será necesario tener una descripción en la memoria de la computadora. Esta descripción no es otra cosa que un modelo que representa las características de la imagen de

relevancia para los fines del Sistema de Visión Artificial específicos. Los modelos que describen una imagen pueden ser estadísticas, estructurales, etc. pero todos ellos se obtienen a partir de imágenes previamente segmentadas y analizadas. En el tipo de imágenes utilizados en la información relativa se encuentra en el contorno, entonces los modelos utilizados para describir este tipo de imágenes representarían tan solo contornos presentes en la imagen, y entre los más usuales tenemos a las cadenas de códigos.

4. METODOLOGIA

Para la recolección de información y posterior análisis primero se consultarán las bases de datos de la nube en relación con los elementos de recepción de imágenes y procesamiento de las mismas,

La forma de obtener imágenes digitales es mediante un dispositivo de conversión de analógico a digital, tal como el escáner o empleando programas de computador para dibujar las que se tienen en mente o simplemente, usar un buscador para localizar en Internet imágenes ya existentes.

A continuación se procederá a realizar la fase de procesamiento de las imágenes por medio del software Labview para que por medio del mismo programa se realice la comparación de las características más relevantes (distancia entre perforaciones, diámetro de perforación, y ubicación con respecto a los extremos).

Una vez se encuentran las imágenes en el computador, se deben emplear herramientas de edición para manipular las imágenes obtenidas o seleccionadas y ajustarlas lo mejor posible a los productos que se van a crear con ellas.

La mayor parte de archivos digitales van a proceder de la digitalización. Esto implica que las herramientas principales de trabajo van a ser cámaras o sensores con su respectivo software. Dado el nivel de calidad de las cámaras digitales, algunos centros ya han substituido el escáner por la cámara con buenos resultados. Aun así, hay que tener presente que la reproducción por cámara precisa de un operador especializado, ya que para tal tarea rigen los mismos postulados que en el modus operandi de la fotografía convencional.

Entonces, si la cámara va a ser la herramienta a utilizar, necesitamos saber qué requerimientos debe satisfacer a fin de obtener unos buenos resultados,

ya que sus características técnicas van a condicionar las expectativas del trabajo.

Los principales elementos a examinar van a ser los siguientes:

La calidad de los componentes del escáner, principalmente el sensor (normalmente va a ser un CCD, Charge Coupled Device), las ópticas y el tipo de lámpara.

La resolución óptica, que hace referencia al número de puntos en horizontal y en vertical que es capaz de leer el CCD. No debe confundirse con la resolución interpolada que consiste en un cálculo, mediante algoritmos matemáticos, de valores intermedios a los leídos. De este modo se obtiene una mayor resolución, pero la información ya no es veraz sino que ha sido creada por la máquina.

El rango dinámico, que se refiere a los niveles de luz y que estará en función de la calidad de las ópticas.

La velocidad de escaneado, dónde hay que valorar tanto el tiempo de exploración como el de transferencia. Respecto al tiempo de exploración el fabricante nos va a dar la el tiempo de la exploración completa en segundos o bien el tiempo de exploración por línea en milisegundos. El tiempo de transferencia hace referencia a la transmisión de datos del escáner al ordenador y estará en función de la interfaz de conexión que de menos a más veloz pueden ser los siguientes: USB, SCSI, Fire Wire.

Después de esta tarea se procederá a realizar el diseño del dispositivo soporte del mecanismo de la cámara a través del programa de diseño y dibujo CAD (Inventor, SolidWorks, etc.) que se elija para este fin; teniendo en cuenta el movimiento paralelo al eje longitudinal de la pieza perforada.

De mismo modo se debe realizar la articulación entre la recepción de las imágenes con el movimiento del dispositivo, que para nuestro fin será manual con limitaciones de velocidad y luminiscencia, para este fin se utilizara el software de National Instruments (Labview) para la relación de movimiento longitudinal y el enlazamiento de las imágenes tomadas con la cámara.

Posteriormente se realizaran las primeras pruebas con piezas perforadas para la determinación de la precisión del dispositivo de visión artificial y la calibración del mismo.

Con lo anterior realizado se procederá a encontrar el costo de diseño, fabricación y precio de venta al comprador (empresas dedicadas a la fabricación de estructura metálica) para lo cual se realizara un análisis de

mercado encontrando la viabilidad del dispositivo en comparación a los sistemas actuales y al método utilizado por la compañía,

Para concluir se realizará el documento de tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, siguiendo las normas Icontec disponibles para este fin, incorporando memorias de cálculo, planos de fabricación, software utilizado y resultados de pruebas en campo.

6. PRESUPUESTO

PROYECTO:	DISEÑAR UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CAPAZ DE MEDIR LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DEL ÁREA SUPERFICIAL BIDIMENSIONAL DE LAS PIEZAS ANGULARES PERFORADAS.
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ITEM	VALOR (\$)	FUENTE DE FINANCIACION
LICENCIA LABVIEW	3,715,000.00	UNIVESIDAD DISTRITAL
LICENCIA INVENTOR	21.450.000,00	UNIVESIDAD DISTRITAL
LICENCIA WINDOWS	129.500,00	UNIVESIDAD DISTRITAL
LICENCIA OFFICE	134.500,00	UNIVESIDAD DISTRITAL
HORAS DE DESARROLLO C/U	6.250,00	INTEGRANTES PROYECTO, UNIVERSIDA DSTRITAL
HORAS DE PROGRAMACION C/U	6.250,00	INTEGRANTES PROYECTO, UNIVERSIDA DSTRITAL
HORAS DE FABRICACION C/U	10.000,00	INTEGRANTES PROYECTO, UNIVERSIDA DSTRITAL
ODOMETRO DIGITAL	115.000,00	RECURSOS PROPIOS
CAMARA	350.000,00	RECURSOS PROPIOS
CABLE Ethernet	50.000,00	RECURSOS PROPIOS
PIEZA ANGULAR A572-50	60.000,00	RECURSOS PROPIOS
PERFORACION PIEZAS	50.000,00	RECURSOS PROPIOS
NORMAS TECNICAS	45.000,00	RECURSOS PROPIOS
PAPEL DE IMPRESIÓN	12.000,00	RECURSOS PROPIOS
ENCUADERNACION	15.000,00	RECURSOS PROPIOS
IMPRESIONES	25.000,00	RECURSOS PROPIOS

7. BIBLIOGRAFÍA

- Visión Artificial E Interacción Sin Mandos (2010), Obtenido El 15 De Marzo De 2015.

[Http://Sabia.Tic.Udc.Es/Gc/Contenidos%20adicionales/Trabajos/3d/Visionar artificial/Index.Html](Http://Sabia.Tic.Udc.Es/Gc/Contenidos%20adicionales/Trabajos/3d/Visionar%20artificial/Index.Html)

- Cruz Ortizjonathan Eduardo, Modulo De Ni-Vision De Labview, Guía De Inicio. Bogotá, 2011, Trabajo De Grado (Tecnólogo De Control) Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Facultad Tecnológica. Disponible En El Catálogo En Línea De La Biblioteca De La Universidad Distrital Francisco José De Caldas

<http://Comunidad.Udistrital.Edu.Co/Jokelnice/Files/2011/10/Guia-Vision-Labview-Jonathan-Cruz.Pdf>

- Bin Liu Y Shengjin Wu, Automatic Detection Technology of Surface Defects on Plastic Products Based On Machine Vision, Guangzhou, China, Articulo Cientifico. South China University Of Technology, Disponible En Base De Datos leee

<Http://leeeexplore.lee.org.Bdigital.Udistrital.Edu.Co:8080/Xpls/lcp.jsp?Number=5536470>

- Sobrado Malpartida Eddie Angel, Sistema De Visión Artificial Para El Reconocimiento Y Manipulación De Objetos Utilizando Un Brazo Robot, Tesis Para Optar El Grado (Magister En Ingeniería De Control Y Automatización). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Escuela De Graduados. Disponible En Base De Datos De Pontificia Universidad Católica Del Perú

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>

- Un Sistema De Medición De Altura De Los Escalones De Alta Precisión De La Fibra Óptica Interferómetro Multiplexado (2014) Obtenido El 16 Marzo De 2015

<Http://Www.Sciencedirect.Com.Bdigital.Udistrital.Edu.Co:8080/Science/Article/S0263224114003807>

- Máquina De Medición Con Sensor Óptico De Alta Precisión Para Medir Grandes Piezas Obtenido El 15 De Marzo De 2015
Http://Www.Revistatope.Com/145_Art_Innovalia2_Med.Html

- La aplicación de la visión artificial en la inspección de la precisión de control de la posición de los sistemas de control de motores (2001) obtenido el 16 de marzo de 2015-05-20

<http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=971794&queryText%3Dmachine+vision>

- Tecnología de detección automática de defectos superficiales en productos de plástico basado en visión artificial obtenido el 16 de marzo de 2015

<http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/xpls/icp.jsp?arnumber=5536470>