



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA: DESARROLLO DE SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL CON LABVIEW, QUE
PERMITA DETECTAR IMPERFECCIONES EN LAS LATAS DE ATÚN

Autores:

Sr. Icaza Paredes Washington Angel

Acompañante:

Mgtr. López Bermúdez Ricauter Moisés

Milagro, Octubre 2019

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

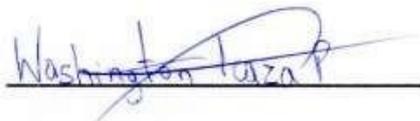
Presente.

Yo, Icaza Paredes Washington Angel, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN E INOVACIÓN, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 16 de octubre de 2019



Washington Icaza Paredes

Icaza Paredes Washington Angel

Autor

CI: 0928642057

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Yo, LÓPEZ BERMÚDEZ RICAUTER MOISÉS en mi calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica, elaborado por el estudiante ICAZA PAREDES WASHINGTON ANGEL, cuyo título es Desarrollo de un sistema de visión artificial con labview, que permita detectar imperfecciones en las latas de atún, que aporta a la Línea de Investigación TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN E INOVACIÓN previo a la obtención del Grado INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES ; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Propuesta Tecnológica de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 16 de octubre de 2019



López Bermúdez Ricauter Moisés

Tutor

C.I: 0910516566

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Mgtr. LÓPEZ BERMÚDEZ RICAUTER MOÍSES

Mgtr. VINUEZA MORALES MARIUXI GEOVANNA

Mgtr. CÓRDOVA MARTÍNEZ LUIS CRISTOBAL

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES presentado por el estudiante ICAZA PAREDES WASHINGTON ANGEL Con el tema de trabajo de Titulación: Desarrollo de un sistema de visión artificial con labview, que permita detectar imperfecciones en las latas de atún.

Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica	[71]
Defensa oral	[18,67]
Total	[89,67]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 16 de octubre de 2019

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Mgtr. López Bermúdez Ricauter Moisés	
Secretario /a	Mgtr. Vinueza Morales Mariuxi Geovanna	
Integrante	Mgtr. Córdoba Martínez Luis Cristobal	

DEDICATORIA

Esta Propuesta Tecnológica está dedicada a:

A mi Madre Ángela Paredes y a mi hermana Esther Icaza que con su mayor esfuerzo, amor, paciencia y valor me ha permitido culminar unas de mis metas y sueño más deseado de mi parte de ser Ingeniero. Y también quiero dedicar este proyecto realizado a toda mi familia que siempre está allí con su ayuda incondicional que para mí es esencial para poder seguir día a día con mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por su amor y bendiciones que me ha brindado durante toda mi vida y también por guiarme a lo largo de mi carrera profesional, ser el apoyo y fortaleza fundamental en todo momento de dificultad y de debilidad que tenemos todos los seres humanos.

Agradezco a mi Madre Angela Paredes ya que ella fue la base fundamental de mi vida y se convirtió en padre y madre para que yo pueda salir adelante con mis metas. También agradezco a mi hermana por su apoyo incondicional y a mi abuelo Luis Paredes por ser los principales motores de mi vida que gracias a ellos estoy cumpliendo unos mis mayores sueños, agradezco por confiar en mi cada momento.

También quiero agradecer a todos mis docentes de mi facultad ciencias e ingeniería que gracias a su dedicación, paciencia, pasión y amor he podido culminar mi carrera como ingeniero en sistemas computacionales.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	2
PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	4
2.1 ANTECEDENTES DEFINICIÓN.....	4
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	5
2.2.2 VISIÓN ARTIFICIAL	6
2.2.3 IMÁGENES DIGITALES	10
2.2.4 MECATRÓNICA (Mecánica, programación y electrónica)	11
2.2.5 ADQUISICIÓN.....	14
2.3 CONOCIMIENTO ACADÉMICO.....	15
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	16
3.1.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA 1	16
3.1.2 TÍTULO DE LA PROPUESTA 2	18
3.1.3 TÍTULO DE LA PROPUESTA 3	21
3.2 DELIBERACIÓN.....	23
3.3 ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN	24

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	27
4.1 TÍTULO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA. -	27
4.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	27
4.3 DESARROLLO EN DETALLE DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA. -	27
4.4 RESULTADOS ESPERADOS. -	39
4.5 PLANEACIÓN DE LA PROPUESTA	40
CAPÍTULO V: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	43
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Conocimientos necesarios.....	15
Cuadro 2 Costo directo para el desarrollo de la propuesta 1.....	17
Cuadro 3 Características cámara BOA SPOT 1280.	19
Cuadro 4 Costo Directo para el desarrollo de la propuesta 2.	19
Cuadro 5 Costos indirectos para el desarrollo de la propuesta 2.	20
Cuadro 6 Costo Directo para el desarrollo de la propuesta 3.	22
Cuadro 7 Costos indirectos para el desarrollo de la propuesta 3.	22
Cuadro 8 Analisis de alternativas.....	26
Cuadro 9 Especificaciones técnicas generales de la placa Arduino uno.	32
Cuadro 10 Alcance de la propuesta.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación gráfica de la visión artificial.....	6
Figura 2 Aplicación de Visión Artificial para control de calidad en botellas.....	7
Figura 3 Elementos que componen un sistema de visión artificial.	9
Figura 4 Procesamiento de imágenes con un sistema de visión artificial.	9
Figura 5 Imagen digital multispectral.....	10
Figura 6 Sensores industriales.	11
Figura 7 Sensores industriales, los sentidos de la automatización.	12
Figura 8 Actuadores electrónicos.	13
Figura 9 Algunas cámaras profesionales empleadas en los sistemas de visión artificial.	14
Figura 10 Sistema de Visión con la cámara BOA SPOT 1280.	18
Figura 11 Cámara BOA SPOT 1280.....	19
Figura 12 Matriz de algunas de las funciones de las propuestas.....	25
Figura 13 Lámpara Fluorescente.....	28
Figura 14 Técnica de iluminación frontal.	29
Figura 15 Logotipo de la aplicación DroidCam.	30
Figura 16 Configurar Aplicación DroidCam.	31
Figura 17 Arruino uno.	32
Figura 18 Pines de la placa Arduino a utilizar.	33
Figura 19 IDE de Arduino.....	33
Figura 20 Estructura de la programación en Arduino.	34
Figura 21 Logotipo de LabVIEW.....	35
Figura 22 Programación en el lenguaje G de LabVIEW.....	35
Figura 23 Vision Builder – National Instruments.....	36
Figura 24 Modulo de LINX.....	37
Figura 25 Plano 1 de la maqueta.	39
Figura 26 Plano 2 de la maqueta.	39
Figura 27 Aplicación en LabVIEW.....	40
Figura 28 Requisitos para la elaboración de maqueta.....	41
Figura 29 Recursos humanos.....	41
Figura 30 Recursos financieros.	41

Figura 31 Actividades en Diagrama de Gantt.	42
Figura 32 Análisis de costo detallado.	43
Figura 33 Calculo de VAN.	44
Figura 34 Calculo del TIR.	44
Figura 35 Esquema de la gestión de los Recursos Humanos.....	45
Figura 36 Análisis de Gestión de Riesgo.	45

RESUMEN

Las industrias dedicadas a fabricar productos en grandes cantidades siempre han buscado estar a la vanguardia en adquirir tecnologías que ayuden a mejorar la calidad de los procesos, reducir los costos y aumentar los beneficios. Unas de las soluciones tecnológicas que más llaman la atención son los sistemas de visión artificial por computadora.

Desafortunadamente en nuestro país escaso y casi nulo, el número de empresas dedicadas a brindar productos o servicios relacionados al ámbito de visión artificial.

El presente trabajo busca crear un sistema de visión artificial por computadora que permita detectar imperfecciones en productos enlatados para ello hemos investigado en la literatura y hemos indagado buscando información sobre instrumentos empleados para llevar a cabo la adquisición de imágenes, técnicas para procesar, segmentar y analizar imágenes entre otras.

También se establecieron tres propuestas tecnológicas y cada una de ellas fue sometida a un análisis técnico para determinar la factibilidad de la propuesta y así mismo también se les realizó un análisis económico que nos permitiera determinar si los beneficios eran mayores a los costos de inversión para así poder establecer su rentabilidad,

Se terminó desarrollando sobre una maqueta el prototipo de un sistema de visión artificial funcional que permite detectar infecciones en productos enlatados mediante la adquisición de imágenes y procesamiento de las mismas en tiempo real.

PALABRAS CLAVE: Visión Artificial, Visión por computadora, Procesamiento de imágenes, Control de calidad

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Visión Artificial por Computadora.

SUBLÍNEA DE LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Automatización de procesos industriales

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los sistemas de visión artificial son un asunto que tienen gran potencial, tendencia y atraen el interés, debido a la gran cantidad de aplicaciones que pueden crearse en diversos campos de la electrónica. Hoy en día existen muchas maneras en las que el hombre interactúa con las máquinas. La visión artificial por computadoras es uno de los más sistemas más llamativos; Y pese a que estos sistemas cuentan con un gran potencial, son muy escasas las organizaciones y empresas en Suramérica que hacen uso de herramientas de esta naturaleza, esto debido a que de igual forma son muy carentes las entidades dedicadas a ofrecer este tipo de productos y/o servicios. Asimismo, este tipo de sistemas, tampoco se están desarrollando ni perfeccionando en las universidades dedicadas a formar ingenieros (Andrés & Yepes, 2018).

De igual modo por decenas de años los países ya desarrollados han intentado incrementar su competitividad mediante el uso de técnicas y aplicaciones orientadas a destacar en los servicios y/o productos la calidad. La función de control de calidad hace posible determinar las ponderaciones y medidas fijadas en la ingeniería de un producto en cuestión, a través de tareas de análisis y examinación es posible lograr que los productos en referencia consigan las especificaciones previamente determinadas. En Ecuador un gran segmento de la industria hace uso de mecanismos centrados en el uso de técnicas visuales, utilizando personal humano para ejecutar tareas de control de calidad. Ahora con el aumento de la demanda, esta forma de inspección se ha tornado deficiente para empresas industriales con elevados niveles de fabricación de productos. Esta forma de trabajar poco a poco está desapareciendo, esto es debido al pequeño desempeño que los operadores del control de calidad representan al momento de llevar a cabo trabajos repetitivos y monótonos (Cáceres, 2011).

La presente propuesta tecnológica resulta valiosa, porque las aplicaciones de visión artificial por computadora que se utiliza en las industrias para controlar la calidad de sus productos pueden terminar resultando rentables para las empresas esto debido a que el manejo no requiere mucho trabajo ni tampoco un elevado capital de inversión de horas por hombre. Resultando a favor la reducción en el costo de producción (Javier Ramos, 2018)

Debido a que los talleres en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro no cuentan con equipos de visión artificial que permita a los estudiantes de ingeniería tener una idea de las posibilidades tecnológicas que facilitan y agilizan los procesos de producción en las industrias, se ha optado por implantar un sistema de visión artificial que ayude a los educadores utilizarlo como herramienta de aprendizaje y despertar el interés en los estudiantes por las tecnologías de visión artificial y por los procesos de control de calidad.

La Facultad de Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro, no cuenta con una aplicación de visión artificial por computadora que permita a los estudiantes tener una idea de las posibilidades tecnológicas que facilitan y agilitan el proceso de producción en las industrias, haciendo uso de técnicas de visión artificial.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1 ANTECEDENTES DEFINICIÓN

La búsqueda de objetos es una de las problemáticas más críticas en los trabajos de visión artificial, en los cuales la precisión y el tiempo de respuesta son de inmensa importancia. En un principio los sistemas de visión artificial hacían uso de imágenes fijas, pero hoy en día es necesario analizar imágenes de un mundo que se encuentra en movimiento, queda así determina que el tiempo y trabajo invertido en mejorar las técnicas y los procedimientos para identificar objetos que se mueven queda más que justificado. En año pasado en la Facultad de Ciencias de Universidad Nacional de Piura en Perú, Luis Ramos Morocho llevo a cabo un proyecto de investigación de tesis el cual consistía en crear un sistema capaz de predecir la posición y el seguimiento de una esfera en tiempo real utilizando visión artificial; consiguieron hacerlo haciendo uso de algoritmos en Python, una webcam y un ordenador personal (L. Ramos, 2018)

Debido a la aparición de un mercado cada vez más globalizado las empresas dedicadas a la producción se han visto forzadas a desarrollar y desplegar técnicas de control de calidad que sean muy eficientes y que sustituyan a los métodos convencionales de control de calidad oficiados por operadores humanos (Cáceres, 2011).

Un ejemplo de lo anteriormente expuesto lo manifiesta el trabajo presentado por el Ing. Javier el cual consiste en la creación e implementación de un sistema de visión artificial para el reconocimiento de gestos hechos con la mano, adaptado a un sistema de estero. El trabajo llevo a manifestar que: En la industria, uno de los entornos con un considerable crecimiento es el sector automotriz. Esto conlleva a que las aplicaciones basadas en sistemas electrónicos sean cada vez inevitables, ya sea para aumentar la seguridad durante la conducción del vehículo o para ofrecer más comodidad al usuario (Andrés & Yepes, 2018).

El trabajo de un sistema dedicado a clasificar limones por color y tamaño implementado en la zona de Piura, manifiesta que hoy en día se ha creado varios técnicos de clasificación que funcionan mediante sistemas de visión artificial por computadora. Los autores expresan que esta clase de sistemas no solo se desarrollan con fines de clasificación de productos comestibles de fabricación en masa, además se pueden utilizar para cualquier tipo de productos de manufactura (Ramos-tene, 2019).

La técnica de visión artificial por computadora es una de las varias técnicas que existen en la actualidad, está dirigida hacia la optimización de procesos de vigilancia y control de calidad. El ignorar o desconocer cuales son las técnicas más eficientes para el control de calidad y la carencia de búsqueda conlleva a que las industrias limiten su capacidad de producción (Cáceres, 2011).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Se estima que la inteligencia artificial es técnica que explora la resolución de problemas de carácter no algorítmicos a través de cualquier proceso de computación con el que se cuente, sin considerar la manera de razonamiento interna a los procesos que se utilicen para llegar a la solución. La inteligencia artificial puede ser considerada como una ciencia si se concentra en el desarrollo de programas centrado en comparaciones realizadas con la misma capacidad que poseen las personas, aportando así a una comprensión del conocimiento humano más elevado (Tierra & Galarza, 2017).

No hay una descripción clara de lo que es la inteligencia artificial, pero la mayor parte de los expertos en el tema concuerdan en que: Inteligencia Artificial en su sentido más básico es conseguir que un mecanismo posea inteligencia propia. La IA (Inteligencia Artificial) es actualmente una de las disciplinas más alucinantes y con muchos desafíos en lo relacionado a las ciencias de la computación. Desde la perspectiva de la ingeniería, la Inteligencia Artificial representa la invención de componentes que simulen un comportamiento inteligente. En otras palabras la inteligencia artificial busca crear máquinas y sistemas que exhiban un comportamiento parecido al de un ser humano por esto podría decir que el sistema es inteligente (Javier Ramos, 2018).

La base de la IA (Inteligencia Artificial) son la informática y la programación. Es un campo de estudio revolucionario e innovador que está siendo intensificado gracias a las ciencias informáticas y a la programación de algoritmos, pero cabe mencionar que es una materia que aún no se ha explorado a fondo, debido a que aún se encuentra en desarrollo (Gallo, 2019).

2.2.2 VISIÓN ARTIFICIAL

2.2.2.1 Definición

La visión es la capacidad que tiene el ser humano de detectar e interpretar distintos rayos de luz a través del ojo humano; Es estimado como el sentido más valioso y necesario. La visión es el sentido más importante con el que cuenta el ser humano; Consideremos la situación a continuación: El sentido de la audición cuenta con treinta mil terminaciones nerviosas (30.000) mientras que el sentido de la visión cuenta con 2 millones (2'000.000). Esto pone al sentido de la visión humana por encima de los demás. En lo referente a los Sistemas de Interacción Hombre Maquina (IHM), las aplicaciones que hacen uso de la visión artificial con los más preponderantes. Y pese al gran potencial y capacidad que tienen estas aplicaciones son escasas las empresas y organizaciones que se dedican a desarrollar y/o consumir productos y servicios de este índole (Andrés & Yepes, 2018).



Figura 1 Representación gráfica de la visión artificial.

Los seres vivos tienen la capacidad de detectar información a través de imágenes con los ojos. La esencia de este proceso se puede sintetizar de la siguiente manera. El ojo percibe la luz y la transforma en un impulso neuronal, el impulso en mención trabaja con la corteza cerebral para tratar la información, la luz en el ojo atraviesa la lente, luego pasa por la retina esta está compuesta por células especiales, podrían definirse como células receptoras las cuales detectan la existencia de luz. Estos estímulos neuronales son enviados al cerebro y este procesa esta

información dando lugar a que se creen variadas sensaciones entendidas como apreciación visual (Geografi, 2019).

Otros conceptos son: Visión es aquel sentido (vista), que nos permite recuperar información proveniente del mundo que nos rodea. Y la visión también puede ser comprendida como un proceso que inicia con la captación de las imágenes del ambiente, resulta una representación útil para el observador. Ahora se puede determinar a la Visión Artificial como una sub-área de la Inteligencia Artificial, que a través de técnicas apropiadas, hace posible que se capturen, procesen, y analicen cualquier muestra de información obtenida del mundo en formato digital (Tierra & Galarza, 2017).



Figura 2 Aplicación de Visión Artificial para control de calidad en botellas.

La visión artificial es una relativamente novedosa. Varios expertos en el tema acostumbran a relacionar esta ciencia con la automatización, robótica y otras ramas de esta índole. Por esta razón no existe una coincidencia entre las distintas definiciones de esta disciplina. Además de esto cabe mencionar que la Visión Artificial por computadora es tema complejo que implica el conocimiento de otros saberes e involucra temas de ingeniería que en sumatoria se hace posible que creen algoritmos, y aplicaciones que dan lugar a que la Visión artificial por computadora una herramienta tecnología poderosa en múltiples áreas y tareas (Gallo, 2019).

Los propósitos de la visión artificial comprenden.

- Captar, segmentar, y determinar o identificar objetos (en imágenes).
- Estimar los resultados.
- Inspeccionar diferentes imágenes en un mismo escenario
- Lograr que un mismo objeto coincida en varias imágenes.
- Rastrear un objeto en una secuencia de imágenes.
- Mapear el cuadro de un escenario para crear un modelo en tres dimensiones, para que posteriormente puede servirle a un robot como mapa.
- Apreciación de las posturas en tres dimensiones.

La visión artificial también es llamada “visión por computadora o visión técnica”, es el área de trabajo más ambicioso entorno a las técnicas de procesamiento de imágenes en formato digital. En esencia lo que persigue la visión artificial es automatizar trabajos que tengan que ver con la inspección visual de objetos (L. Ramos, 2018).

La visión artificial se define como la detección automática de las formas y características de un entorno multidimensional y en ocasiones este entorno es dinámico, es decir la detección automática se da en un entorno en movimiento. Las imágenes en referencia pueden estar en colores o en escala de gris (imágenes monocromáticas), y pueden proceder de una o varias cámaras y estas cámaras pueden estar inmóviles o en movimiento. Las formas y características del ambiente tridimensional que deseamos detectar con una aplicación de visión artificial abarcan no solo sus características geométricas, sino también sus características materiales. Cuando nos referimos a las propiedades geométricas estamos hablando de las formas, medidas, y localización de los objetos, mientras que cuando nos referimos a características materiales estamos haciendo referencia a su color, trama, constitución, luz. En caso de que la imagen llegara a cambiar durante el proceso de detección de la imagen, esto implica que es necesario inferir la índole de cambio y hasta predecir cambios futuros (Cristhian, 2015).

En resumen, la Visión Artificial por computadoras busca emular las capacidades de visión que poseen las personas; en su esencia lo que involucra es detectar una imagen (es formato digital), comprenderla (mediante el análisis de los píxeles de la imagen en referencia), interpretarla (traducirla a un lenguaje análogo que puedan entender los humanos) y finalmente ejecutar acciones previamente programadas (Gallo, 2019).

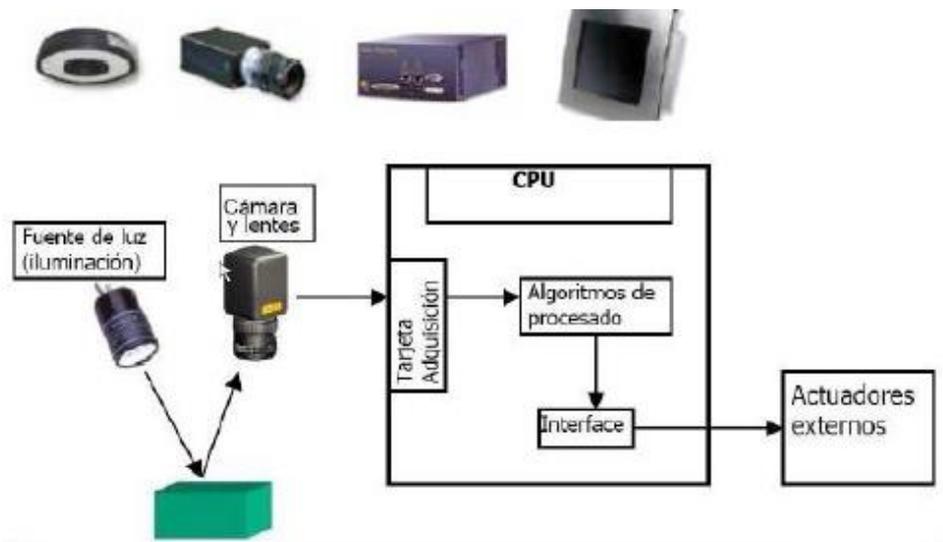


Figura 3 Elementos que componen un sistema de visión artificial.

2.2.2.2 Procesamiento de imágenes

Una imagen digital representa un plano en dos dimensiones de una imagen que en realidad existe en tres dimensiones en un preciso instante de tiempo. Un fotograma es una matriz de dos dimensiones que contienen ponderaciones de valores intensidad lumínica, dicho de una manera más sencilla, se podría definir a un fotograma como una imagen moderada o discreta.



Figura 4 Procesamiento de imágenes con un sistema de visión artificial.

El procesamiento de imágenes digitales consiste en un grupo de funciones que tienen como objetivo tratar la imagen. El tratamiento de imágenes digitales consiste en desfragmentar la imagen en píxeles, y someter a cada uno de estos píxeles a análisis, otorgándole un valor numérico a la intensidad luminosa que posee dicho píxel, todo esto es gestionado por el sistema de control elegido (Gallo, 2019).

2.2.3 IMÁGENES DIGITALES

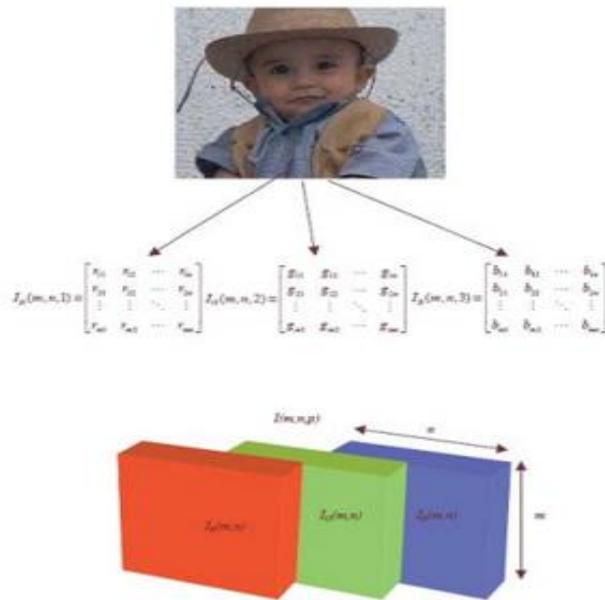


Figura 5 Imagen digital multiespectral.

Son el ingrediente primordial de la Visión Artificial y se manifiestan con algún tipo de codificación. Una imagen digital generalmente es una matriz de dos dimensiones. Dentro de la rama de Visión Artificial por computadoras coexisten dos tipos de imágenes que se usan con frecuencia estas son:

- Imágenes de Alcance e
- Imágenes de Intensidad

Las imágenes de alcance miden de manera directa las formas en tres dimensiones del entorno ya que este tipo de imágenes se basa en el empleo de sensores de alcance ópticos y cualquier portento físico para capturar la imagen. Por otro lado, las imágenes digitales de intensidad las cuales son llamadas también de profundidad, estiman la cantidad de luz que incurre en un mecanismo o dispositivo fotosensible. Para entender mejor estos conceptos, podríamos decir que un ejemplo de imagen digital de intensidad es la imagen de una fotografía usual, y un ejemplo de imagen de alcance sería la imagen obtenida de un radar o la que obtiene un médico especialista en ojos al realizar un análisis acerca del grado de aspereza que su paciente tiene en la córnea del ojo (L. Ramos, 2018).

2.2.4 MECATRÓNICA (Mecánica, programación y electrónica)

2.2.4.1 Sensores



Figura 6 Sensores industriales.

Desde el punto de vista de la electrónica, un sensor es definido como un dispositivo electrónico (funciona con electricidad) que es utilizado para medir y captar variables y magnitudes proveniente del entorno que los rodea. Las magnitudes en referencia pueden ser varias por diferentes factores como lo son: la velocidad del viento, la temperatura entre otros. Un sensor tiene el trabajo de tomar datos de carácter numérico de la variable proveniente del entorno, las cuales bien pueden ser utilizadas

o supervisadas (en el caso de que se trate de una situación de control). Frecuentemente los sensores suelen trabajar con un transductor, los cuales se utilizan para modificar la información de los sensores. Las magnitudes de las variables pueden cambiar y ser detectadas de formas: Variables de cambio rápido y variables de cambio lento; Podemos entender las variables de cambio rápido como la velocidad, aceleración, movimiento, masa, volumen y a las variables de cambio lento a las variables de capacidad las cuales pueden ser la temperatura, capacidad entre otras. En otras palabras, un sensor se diferencia de un transductor reside en el tiempo de reacción o contacto, esto quiere decir que un sensor siempre se ocupa de la variable medida, pero la función de un transductor se ocupa de convertir la información proveniente del sensor, para posteriormente leer los datos almacenados (Gallo, 2019).

En los sistemas de control un sensor tiene un rol muy importante, esto debido a que su función es obtener información, es decir que los sensores transmiten información al controlador, y el controlador enviara información al actuador en forma de una señal eléctrica para que este empiece a realizar una determinada actividad. En resumen podríamos decir que los sensores captan información del entorno, esta información es enviada al controlador y el controlador se comunica con los actuadores mediante señales eléctricas para que los actuadores ejecuten una acción (Juan Ramos, 2018).



Figura 7 Sensores industriales, los sentidos de la automatización.

2.2.4.2 Actuadores

Un actuador es un dispositivo electrónico que utiliza y convierte cualquier tipo de energía (energía eléctrica, energía solar, energía eólica entre otras), para luego ser utilizado en diferentes procesos. Para que los actuadores puedan ser activados y puedan empezar a trabajar generalmente se hace uso de un controlador, el cual se encarga de enviar señales (digitales) de control para activarlos, los actuadores regulan la fuerza de su trabajo según el tipo de señal que reciben del controlador (Gallo, 2019).

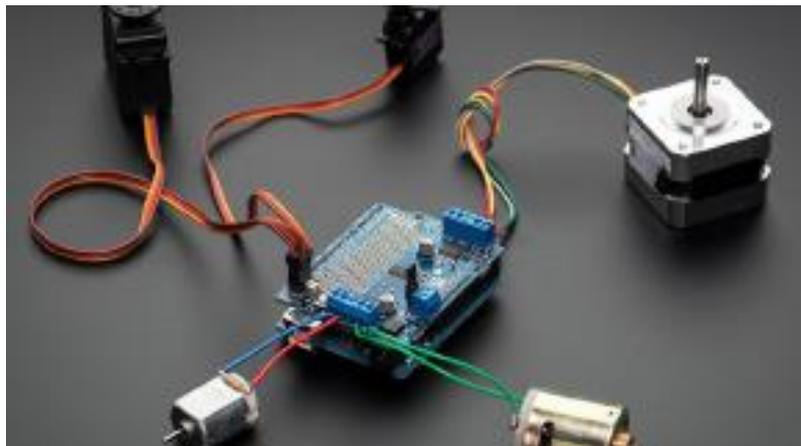


Figura 8 Actuadores electrónicos.

El trabajo de los actuadores consiste en transformar una magnitud eléctrica a una física, esto es requerido para la gestión del motor y así lograr su labor más óptima. Los actuadores crean el medio de comunicación entre el procesamiento de la señal y el procedimiento mecánico. Los actuadores se pueden clasificar en:

- Actuadores acústicos
- Actuadores electromagnéticos
- Actuadores calefactores
- Actuadores electromotores
- Actuadores de pantalla

Dentro de la distribución de los distintos actuadores, hay una desigualdad en su forma de trabajar, esto debido a que son utilizados para diferentes trabajos. La

implementación de cada actuador dependerá de la funcionalidad del sistema a implementar (Juan Ramos, 2018).

2.2.5 ADQUISICIÓN

Se dice en la industria que los sensores son los sentidos de la automatización de los procesos.



Figura 9 Algunas cámaras profesionales empleadas en los sistemas de visión artificial.

Para llevar a cabo la adquisición de imágenes digitales se necesitan por lo menos dos componentes básicos. En primer lugar, se requiere de un mecanismo físico que sea sensitivo a una establecida banda del espectro electromagnético, como los rayos infrarrojos, ultravioleta o rayos x; este mecanismo debe producir además un impulso eléctrico de salida que se encuentra en proporción a la cantidad de energía captada y esto debe ser capaz de hacerlo en cualquier instante t . El segundo componente que necesitamos es un digitalizador, el cual tiene la labor de transformar la señal continua de corriente proveniente del dispositivo físico en un conjunto binario de ubicaciones en el plano de la imagen (L. Ramos, 2018).

2.3 CONOCIMIENTO ACADÉMICO

Cuadro 1 Conocimientos necesarios.

Nombre de la asignatura	Utilización dentro de la propuesta tecnológica
Circuitos Eléctricos y Electrónicos	Redes electrónicas empleadas trasladar la corriente eléctrica
Sistemas Digitales	Manipulación de sensores eléctricos utilizados para captar o transmitir, guardar, y crear señales digitales.
Programación	Ordenar los procesos que se realizara el sistema y gestionar las condicionales.
Investigación	Disciplina orientada a emplear técnicas para obtener información y generar conocimiento.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA 1

“Desarrollo del prototipo de un Sistema de Visión Artificial para controlar imperfecciones y monitorear productos enlatados mediante el procesamiento de imágenes digitales implementado en los talleres de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro como refuerzo educativo y motivacional para los alumnos de ingeniería”

ANÁLISIS TÉCNICO

El material necesario para poner en marcha el Prototipo de un Sistema de Visión Artificial por computadora son las mencionadas a continuación:

Hardware:

- Una computadora portátil Sony Vaio Core i5 con 8GB de RAM, con un procesador 2.6 GHz
- Un teléfono inteligente (Smartphone)

Software:

- Sistema Operativo Windows 10 para la computadora y Sistema Operativo Android para el teléfono.
- Algún software que funciones con reconocimiento facial como LabVIEW, MatLab, o Python.

Poner un funcionamiento el prototipo de un Sistema de Visión Artificial que funcione por computadora, contara con propiedades que lo harán aproximadamente 99% autónomo; Es decir que va a requerir que un operador presione unos cuantos clips con el mouse para ponerlo a funcionar, de allí en adelante el sistema será lo suficientemente intuitivo para realizar la labor para la que fue programado (conteo de productos, detección de imperfecciones en su forma, etc.).

Adicional a las herramientas de hardware y software se hace necesario en la implementación del prototipo contar con una maqueta para exponer y comunicar mejor cual es la idea. La maqueta deberá comprender una estructura hecha a base de materiales económicos y maleables para su fácil adquisición y manipulación. Las maquetas pueden estar construidas en

diferentes tamaños o dimensiones; Es decir pueden estar creadas a varias escalas dependiendo de su propósito, y en nuestro caso las dimensiones de la maqueta serán discretas. Otra finalidad que tiene la maqueta y es importante mencionarla es que las personas a quienes se les vende la idea del proyecto, les resultara más fácil aproximarse al proyecto.

ANÁLISIS DE COSTOS

Existen varios tipos de sistemas de clasificación de productos que son utilizados en la industria. Desplegar este tipo de sistemas en las industrias suele tener un costo alto, dado que hacen uso de cámaras de índole industrial y profesional muy complejas y de precisión elevada.

Cuadro 2 Costo directo para el desarrollo de la propuesta 1.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Iluminación	1	\$3,00	\$3,00
Maqueta	1	\$120,00	\$120,00
Equipo electrónico	1	\$40,00	\$40,00
Total	3	\$163,00	\$163,00

El proyecto en referencia es factible por dos razones: La primera es que como podemos apreciar en la tabla superior, el costo no supera los doscientos dólares, y segundo es que al tratarse de un prototipo no requiere de materiales ni elementos de trabajo industrial; Los recursos que necesitamos (materiales para la maqueta e implementos tecnológicos) son económicos

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

Con la implementación del prototipo de un Sistema de Visión Artificial que permita la identificación de imperfecciones en productos enlatados para la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que promueva e aprendizaje en los estudiantes, se pretende incentivar a los alumnos a que capten a través de sus facultades intelectuales la naturaleza de los Sistemas de Visión por computadora y perciban como estos pueden ser capaces de eliminar la pérdida de tiempo para realizar la revisión y conteo de los productos.

3.1.2 TÍTULO DE LA PROPUESTA 2

“Implementar en los talleres de la facultad de ciencias de la ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro un sistema compacto de visión artificial que no funcione por computadora y que en su lugar trabaje con una cámara en 2D inteligente BOA SPOT 1280 que incorpora los sensores, el software de reconocimiento, iluminación e interfaz gráfica de usuario”

ANÁLISIS TÉCNICO

Desarrollar una propuesta tecnológica que permita Implementar en los talleres de la facultad de ciencias de la ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro un sistema compacto de visión artificial que no funcione por computadora y que en su lugar trabaje con una cámara en 2D inteligente BOA SPOT 1280 que incorpora los sensores, el software de reconocimiento, iluminación e interfaz gráfica de usuario, resulta un sistema económico de inspección de defectos y medición.

La esencia del sistema se centra en la cámara inteligente BOA SPOT 1280. Es cámara está pensada para trabajar en aplicaciones sencillas y tan sofisticadas. Suelen ser utilizadas para capturar medidas, para inspeccionar códigos de barra, análisis de figuras geométricas en piezas. La cámara BOA SPOT 1280 es una cámara que incorpora los sensores de reconocimiento, software, iluminación y la interfaz gráfica de usuario. Dicho en otras para labras puede ser entendido como un sistema de visión artificial integrado y completo.

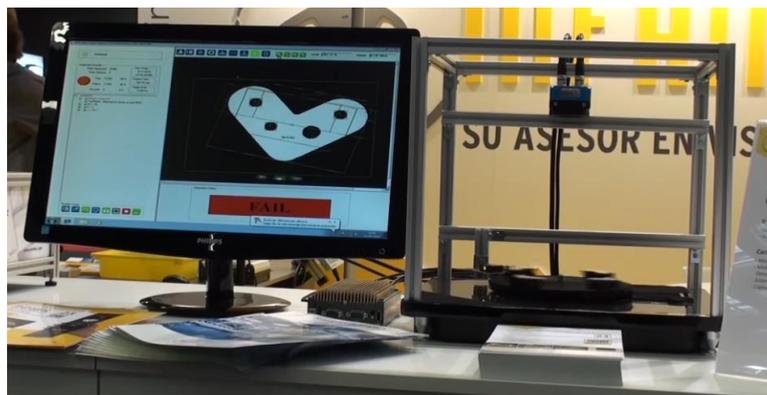


Figura 10 Sistema de Visión con la cámara BOA SPOT 1280.

En la interfaz gráfica que nos provee el sistema de la cámara, podremos realizar pequeñas configuraciones puntuales, ver estadísticas, cambiar variables, y modificar algunas funcionalidades para solucionar las necesidades del cliente.

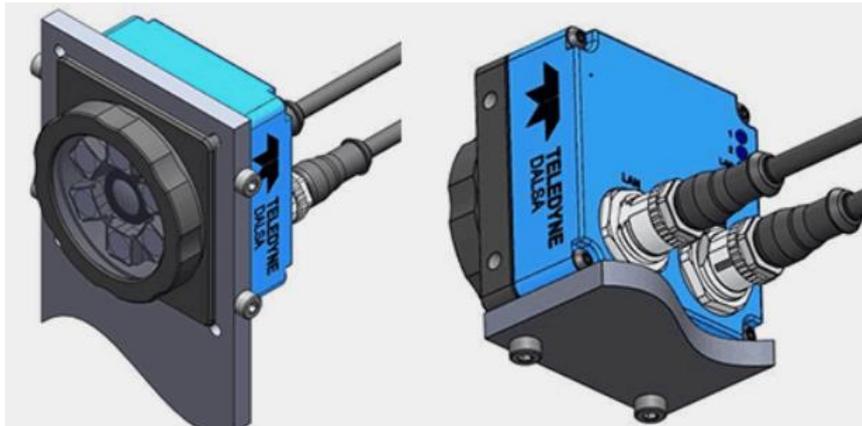


Figura 11 Cámara BOA SPOT 1280.

“La cámara BOA SPOT es una cámara inteligente que nos brinda la simplicidad de un sensor de visión junto con la facilidad para acomodarse a diversas situaciones y la capacidad de los sistemas de visión artificial”.

“Esta cámara lleva integrada la óptica, un sistema de iluminación basados el Leds, y también un completo conjunto de herramientas de inspección y reconocimiento de imágenes y realiza funciones como, contar, inspeccionar, medir y detectar imperfecciones. Estas herramientas que ofrece la cámara BOA SPOT 1280 pueden combinarse y utilizarse simultáneamente todas a la vez para adaptarse a las necesidades del cliente”.

Existen dos versiones de esta cámara: la versión Stándar Level y la versión Expanded Level y esta última nos brinda herramientas adicionales para llevar a cabo tareas mas complejas.

Cuadro 3 Características cámara BOA SPOT 1280.

Descripcion	Valor
Resolución	1280x960
Velocidad máxima	30 img/s
Sensor	1/3 CCD
Memória	256mb
Dimensiones	61x58x57mm
Interfaz	Ethernet/RS-232
Montura	M12 y C
Carcasa	IP67
Tipo sensor	CMOS
Programable	Por menu

Cuadro 4 Costo Directo para el desarrollo de la propuesta 2.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Fuente de poder	1	\$50,00	\$50,00
Cámara profesional BOA SPOT 1280	1	\$1.400,00	\$1.400,00
Monitor	1	\$150,00	\$150,00
Sistema Mecánico	1	\$4.500,00	\$4.500,00
Total	4	\$6.100,00	\$6.100,00

Cuadro 5 Costos indirectos para el desarrollo de la propuesta 2.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Costos de envoi	1	\$120,00	\$120,00
Servicios y mantenimiento	1	\$300,00	\$300,00
Total	2	\$420,00	\$420,00

Los precios están basados en cotizaciones realizadas a los proveedores, dicha información aparecerá en los anexos.

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

Implementar en los talleres de la facultad de ciencias de la ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro un sistema compacto de visión artificial que no funcione por computadora y que en su lugar trabaje con una cámara en 2D inteligente BOA SPOT 1280 que incorpora los sensores, el software de reconocimiento, iluminación e interfaz gráfica de usuario, resulta un sistema económico de inspección de defectos y medición, resulta poco rentable y factible, ya que el sistema ha sido pensado para ser utiliza dado en ambientes de producción.

Hay que reconocer que el sistema resultaría económico en comparación con los sistemas de visión artificial por computadoras tradicionales, pero como todo también presenta sus desventajas.

- El sistema no es escalable, no puede crecer ni disminuir su potencia, ni capacidad.
- El sistema es cerrado y se tiene que trabajar con las herramientas ya proporcionadas por el fabricante.
- Si no se tiene experiencia lidiando con sistemas de visión artificial por computadora no se va a poder entender ni apreciar las ventajas que involucra la cámara BOA SPOT 1280.

3.1.3 TÍTULO DE LA PROPUESTA 3

“Implementar en los talleres de la facultad de ciencias de la ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro, un sistema de visión artificial por computadora, que adquiera las imágenes mediante un Smartphone, y las procese mediante una aplicación creada en LabView”

A continuación, vamos a redactar un análisis técnico de lo que involucraría montar un Sistema de visión artificial en los talleres de la facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro.

ANÁLISIS TÉCNICO

Requerimientos legales y formales

Redactar una propuesta para que sea entregada a las autoridades pertinentes de la Universidad, la propuesta deberá ser clara, completa y deberá basarse en datos verídicos. Después de esto las autoridades tomaran su tiempo en deliberaciones y consideraciones para que, en caso de estar de acuerdo, darle luz verde a la propuesta.

Requerimientos humanos

La presente propuesta necesitara personal capaz de montar la estructura, crear el mecanismo, gestionar los componentes electrónicos y programar la aplicación. Posiblemente al personal involucrado en este proyecto no se les tenga que reconocer honorarios económicos, esto debido a que en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería trata de ingenieros formando a aspirantes a ingenieros, la propuesta contara con personal suficiente para que sea llevada a cabo.

Requerimientos Materiales

- **Banda transportadora.** - Seria el mecanismo ideal utilizado para transporta los objetos que deseamos someter a inspección.
- **Cámara digital.** – Para la adquisición de imágenes
- **Módulos de Digitalización.** - Transformar las señales análogas en señales discretas.

El listado de todos los materiales aparecerá en el análisis de costo.

ANÁLISIS DE COSTOS

En este apartado se desea exponer un análisis costo – beneficio de lo que conllevaría implementar un sistema de visión articular en la Facultad de Ciencia de la Ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro.

Cuadro 6 Costo Directo para el desarrollo de la propuesta 3.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Fluorescentes blancos de 100W	4	\$3,00	\$12,00
Módulos de digitalización	1	\$100,00	\$100,00
Módulo de relés	1	\$40,00	\$40,00
Fuente de poder	1	\$50,00	\$50,00
Sensor de proximidad	1	\$60,00	\$60,00
Cámara profesional	1	\$1.500,00	\$1.500,00
Estructura	1	\$4.000,00	\$4.000,00
Sistema Electrónico	1	\$2.500,00	\$2.500,00
Sistema Mecánico	1	\$4.500,00	\$4.500,00
Licencia Profesional Software LabVIEW	1	\$5.775,00	\$5.775,00
Módulo PXI de Tarjeta de Adquisición de Imágenes	1	\$1.285,00	\$1.285,00
Controlador Industrial	1	\$2.810,00	\$2.810,00
Smart Cámara	1	\$2.910,00	\$2.910,00
Lente de cámara	1	\$340,00	\$340,00
Costos de envío	1	\$900,00	\$900,00
Total	18	\$26.773,00	\$26.782,00

Cuadro 7 Costos indirectos para el desarrollo de la propuesta 3.

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Viáticos para el personal	1	\$600,00	\$600,00
Publicidad	1	\$9.000,00	\$9.000,00
Honorarios, sueldos y prestaciones	1	\$2.500,00	\$2.500,00
Servicios	1	\$50,00	\$50,00
Gastos de oficina	1	\$55,00	\$55,00
Capacitación y adiestramiento del personal	1	\$800,00	\$800,00
Seguridad e higiene	1	\$900,00	\$900,00
Total	7	\$13.905,00	\$13.905,00

El costo de implementación en este ambiente ascendiera en comparación con la propuesta anterior ya que en caso de implantar el sistema de visión artificial en la una empresa dedicada a fabricar productos en grandes proporciones no se necesitan mecanismos de transporte y de movilización; es decir que para implementar un sistema de visión artificial en la industria no se necesita invertir en cintas transportadoras o en mecanismos de movilización ya que estas ya cuentan con estos, pero en el caso de querer implementar un sistema de visión artificial en la Universidad se deberá montar un sistema de transporte basado en bandas transportadoras.

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

La finalidad de llevar a cabo esta propuesta es la de reforzar la enseñanza en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Estatal de Milagro, No resultaría rentable ya que se podría lograr el mismo resultado con un sistema maqueta.

3.2 DELIBERACIÓN

Al buscar solucionar problemas relacionados con la calidad e intervalos de producción con la implementación de un procedimiento automatizado, es conveniente determinar cuáles son las ventajas y desventajas que podrían acarrear las tecnologías de esta índole para asegurarnos de que los beneficios sobrepasan los costos.

Ventajas de los sistemas de visión artificial por computadoras:

- Aumenta la calidad de los procesos por medio de la separación instantánea de la línea de producción y de los productos defectuosos.
- Califica y cuantifica los errores y siniestros, con esto se pueden crear reportes y generar estadísticas que asistan a la toma de decisiones de reparaciones y mantenimiento y a la consumación de normas y estándares.
- Disminución en los gastos por reproceso y por los operadores destinados a ejecutar estas tareas.
- El sistema al ser automático este no necesita descanso y hace posible que el trabajo se pueda ejecutar a grandes velocidades.
- El coste de funcionamiento es muy reducido.

Desventajas de los sistemas de visión artificial por computadora.

- El coste de implementación es alto. Los Sistemas de Visión Artificial conlleva el desembolso de grandes cantidades de dinero por el precio de los equipos.
- Todos los elementos involucrados en el sistema requieren una precisión muy alta en su sincronización.
- El mantenimiento y reparaciones solo puede ser llevado a cabo por personal altamente cualificado.

Si analizamos cuidadosamente las ventajas y las desventajas concluimos que las ventajas superan a las desventajas, por esta razón determinamos que los sistemas de visión artificial resultan un instrumento útil.

3.3 ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una aplicación de visión artificial por computadoras hace posible que la cuota de producción se incremente en las empresas dedicadas a la fabricación de productos. Más aun en las empresas fabrican productos a grandes velocidades por la alta demanda del mercado; Esta tecnología permitiría identificar las fallas, desperfectos, anomalías y productos mal acabados de un proceso en específico. Estos Sistemas de Visión Artificial se encuentran instaurados en unas pocas industrias del país, debido a esto resulta fundamental contar con este tipo de tecnologías en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FACI) y en futuro sirve de ejemplo a soluciones empresariales para el sector industrial.

Los factores y ventajas por cuales las industrias deben contar con Visión Artificial en el proceso de control de calidad son muchos. Se hace manifiesto en la industria la necesidad de hacer uso de Sistemas de Visión Artificial con la finalidad de que los procesos aumenten su eficacia y que mejoren su productividad.

Para determinar la mejor elección hemos realizado una matriz morfológica,

Funciones Principales	Propuestas		
	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Fuente de energía	Corriente 5V o Bateria 9V 	Corriente 220V AC 	Corriente 220V AC 
Regulador de voltaje	Resistencia Interna 	Regulador de voltaje CDP 2400w 	Regulador de voltaje CDP Alket 
Camara	Telefono Smartphone 	Camara BOA SPOT 1280 de alta precision 	Camara digital 
Procesador	Arduino 	Inspeccion Multipunto 	Arduino 
Banda transportadora	Maqueta 	Cinta transportadora capaz de trabajar a grandes velocidades 	Banda transportadora funcional 

Figura 12 Matriz de algunas de las funciones de las propuestas.

Si observamos cuidadosamente cada una de las columnas de la matriz, podremos deducir que la mejor opción para el proyecto sería lidiar con la propuesta número 1; ya que esta no requiere mucha energía ni tiempo de implantación ni tampoco hacen falta materiales costosos y sofisticados para su operatividad.

A continuación, se presenta un análisis de las alternativas, cada alternativa de solución será analizada y se le dará una ponderación del 1 al 10, para darle valor a la característica.

Cuadro 8 Análisis de alternativas.

Características Técnicas y económicas	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Funciones	8	10	9
Velocidad	8	10	8
Calidad	10	10	9
Facilidad de montaje	10	1	2
Facilidad de mantenimiento	10	1	2
Ahorro energético	10	6	4
Ahorro Costo de inversión	10	1	2
Ahorro Costo de operación	10	6	8
Ahorro Costo de capacitación	10	6	9
Ahorro Costo de mantenimiento	9	1	5
Escalabilidad del Sistema	10	1	3
Total	105	53	61

La tabla en referencia incluye algunas de las características funcionales que se consideran más importantes, y como podemos observar según las ponderaciones, escoger la propuesta número uno es nuestra mejor opción. Despunta en que ofrece ventajas operativas como facilidad de mantenimiento, y facilidad de montaje. También destaca en que cuenta con ventajas económicas ya que ahorra energía, no requiere una fuerte inversión inicial, tampoco es necesario destinar una gran cantidad del presupuesto a costos de operatividad, mantenimiento y capacitación. Y por último hay que destacar que en comparación con las demás propuestas, la propuesta número uno cuenta con alta escalabilidad; Esto quiere decir que el prototipo del sistema de visión artificial puede crecer, ampliarse o reducirse mientras que la escalabilidad en las propuestas número dos y tres, en baja.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

4.1 TÍTULO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA. -

“Desarrollo del prototipo de un Sistema de Visión Artificial para controlar imperfecciones y monitorear productos enlatados mediante el procesamiento de imágenes digitales implementado en los talleres de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro como refuerzo educativo y motivacional para los alumnos de ingeniería”

4.2 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo General

Desarrollar un Sistema de Visión Artificial implantado en un prototipo, que permita detectar imperfecciones en productos enlatados.

Objetivos Específicos

- Crear una maqueta en la que se pueda simular la implementación de un sistema de visión artificial por computadora que permita la detección de errores en productos enlatados.
- Desarrollar una aplicación en el software labVIEW que permita la identificación de errores en productos enlatados.
- Reducir el tiempo empleado en la detección de defectos en productos enlatados.

4.3 DESARROLLO EN DETALLE DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA. -

La propuesta puede dividirse o clasificarse en tres partes que son:

- Ciclo de adquisición (Iluminación, Sensores)
- Ciclo de control (DroidCam, LabVIEW, Arduino)
- Ciclo de actuación (Disco giratorio)

CICLO DE ADQUISICIÓN

ILUMINACIÓN

Establecer un óptimo sistema de iluminación es necesario e importante para crear un sistema de visión artificial. Una iluminación apropiada hará posible que los rasgos del objeto sean fáciles de resaltar, también permitirá reducir la complejidad de la imagen que se está examinando y por ende así disminuir el tiempo de respuesta del procesamiento.

Hoy en día podemos contar con diversas fuentes de iluminación, y no es fácil determinar cuál es la mejor. Elegir la fuente de iluminación apropiada dependerá de las propiedades del objeto a examinar, es decir que: la iluminación está en función de las características del objeto analizado.



Figura 13 Lámpara Fluorescente.

La fuente de iluminación que utilizaremos serán lámparas fluorescentes por las siguientes razones:

- Nos brindan una iluminación bastante homogénea
- No emiten mucho calor
- Son fáciles de conseguir
- Son económicas
- Fáciles de operar
- Buen balance de color
- Operar a alta frecuencia (25KHz)
- Pueden trabajar con rectificadores de frecuencia para anticipar la fuerza de la intensidad de la luz

Técnica de iluminación.

La técnica de iluminación que utilizaremos será la de “Iluminación frontal”, en este tipo de técnica el lux emitida por la lámpara debe colocarse directamente frente al objeto que va a ser analizado. Las propiedades que este tipo de iluminación nos ofrece es que:

- Minimiza las sombras
- Suaviza texturas
- Reduce de ruido y polvo.
- Funciona, aunque haya una prolongada distancia entre el objeto y la cámara

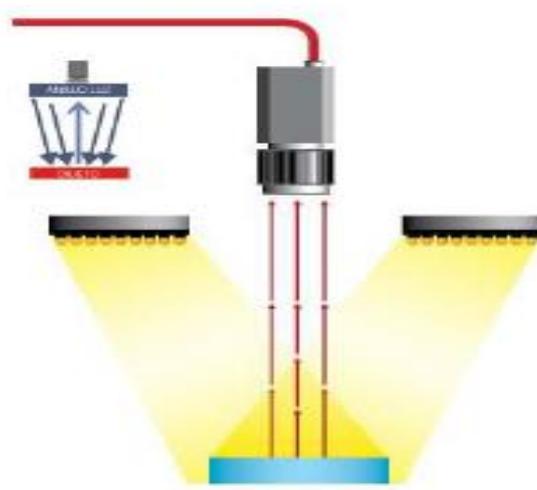


Figura 14 Técnica de iluminación frontal.

En este tipo de iluminación la cámara receptara la luz reflejada por el objeto, por esa razón esta técnica de iluminación debe ser empleada sobre objetos con acabado mate (es decir que no generen brillo)

SENSOR / Cámara web (Smartphone)

Se ha determinado utilizar la cámara de un Smartphone para la implementación en el prototipo de nuestra propuesta. Este dispositivo será el encargado de capturar las imágenes en formato digital provenientes del entorno.

Recordemos que podemos utilizar el teléfono como cámara web con el software de aplicación DroidCam

El detalle técnico del dispositivo a utilizar es el siguiente:

Modelo:

Cámara:

Procesador:

Medio de transferencia:

Cuando decimos que la cámara tiene una resolución de 8 Mega Píxeles, estamos hablando de que la imagen digital será una matriz bidimensional de 8 millones de píxeles, y cada uno de estos píxeles serán sometidos a análisis por la aplicación.

CICLO DE CONTROL

La sección del control estará conformada por los siguientes elementos que trabajaran en conjunto entre sí.

- DroidCam
- Arduino
- LabVIEW

DroidCam



Figura 15 Logotipo de la aplicación DroidCam.

Es una aplicación desarrollada para los dispositivos móviles con el sistema operativo Android. Con esta aplicación nos es posible convertir nuestro Smartphone en una cámara web inalámbrica, es más podemos utilizar nuestro teléfono como una cámara web portátil y móvil que nos permitirá capturar imágenes de nuestro entorno de cualquier lugar que este dentro del rango de nuestra red de Wi-Fi.

DroidCam es una aplicación gratuita que tiene que ser instalada en el Smartphone y en el ordenador, después de instalar el programa en nuestro pc debemos activarlo y colocar en la interfaz la dirección ip que aparece en la pantalla del teléfono.



Figura 16 Configurar Aplicación DroidCam.

Esta aplicación sirve de interface entre la computadora y el Smartphone, es decir que comunica a nuestra computadora con nuestro teléfono inteligente. Cabe menciona que el sistema operativo también permite comunicar a la computadora con nuestro Smartphone, pero en concreto lo que necesitamos es convertir nuestro Smartphone en una webcam ya que el módulo de Visión Adquisición de LabVIEW solo trabaja con cámaras webcam.

Arduino

Arduino es un instrumento que se utiliza para que las computadoras interactúen con el mundo físico. Esta herramienta consta de un microcontrolador soldado a una placa y de un entorno de desarrollo que nos permite escribir código y desarrollar programas. Es apropiado mencionar que Arduino es un proyecto de código abierto.



Figura 17 Arruino uno.

Existen diversas placas de Arduino, pero en nuestro caso utilizaremos Arduino uno ya que este cuenta con las entradas y salidas suficientes para cubrir las necesidades de la propuesta. El Arduino puede ser alimentado de dos maneras mediante USB o a través de una fuente de alimentación externa.

A continuación, detallamos las especificaciones técnicas generales de nuestra placa Arduino.

Cuadro 9 Especificaciones técnicas generales de la placa Arduino uno.

Descripción	Valor
Microcontrolador	ATMega 328
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada recomendado	7-12V
Volteje limite	6-20V
Pines digitales I/O	14 Pines
Pines análogos de entradas	6 Pines
DC corriente por Pin	40mA
DC corriente para el pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad del reloj	16MHz

Pines a utilizar

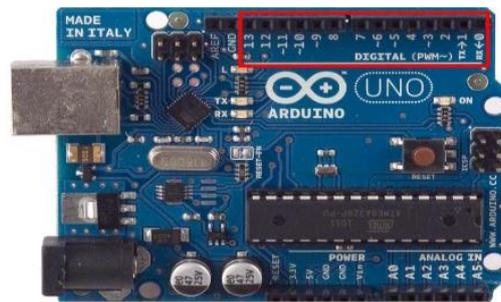


Figura 18 Pines de la placa Arduino a utilizar.

Es posible utilizar cada uno de estos pines ya sean como entrada o como salida. Cada uno de estos pines tiene la capacidad de recibir o emitir hasta 40mA y cada pin cuenta con una resistencia en pull-up. Cabe mencionar que algunos pines tienen funciones o tareas especiales, pero no vamos a entrar en detalle de esto en esta sección porque no es necesario para implementar este proyecto. Por último manifestaremos que la placa Arduino podemos montarla nosotros mismos, pero para este caso vamos a adquirirla armada para usarla directamente.

IDE Arduino

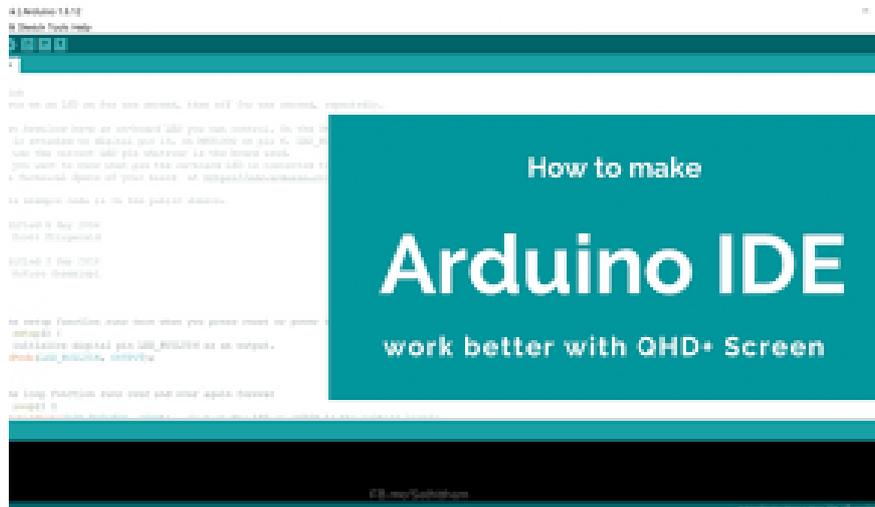


Figura 19 IDE de Arduino.

El software que utiliza Arduino nos permite escribir código en una estructura que es sumamente sencilla para los programadores, nos permite realizar comunicaciones mediante el uso de interfaces gráficas y nos ofrece la posibilidad de adquirir librerías las cuales cuentan con funciones que nos permiten comunicarnos con otros dispositivos electrónicos como cámaras, motores, diodos (Tierra & Galarza, 2017).

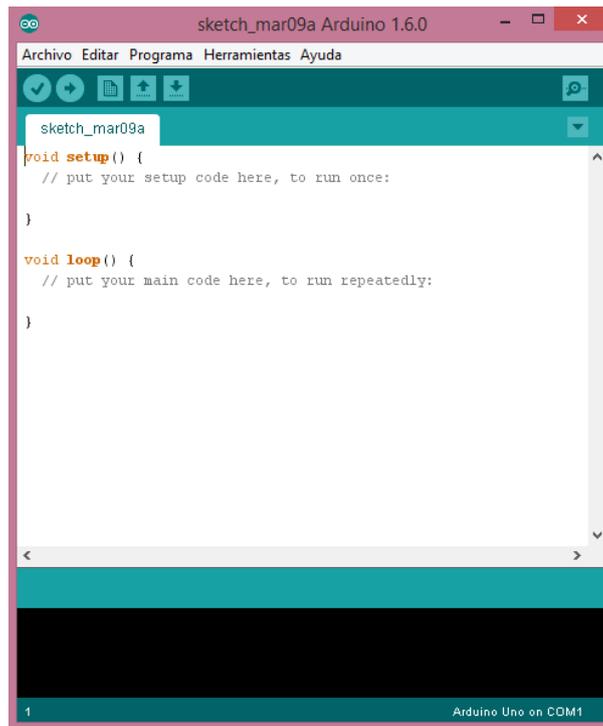


Figura 20 Estructura de la programación en Arduino.

La composición básica del lenguaje de programación de Arduino es muy simple, y por lo menos debe tener dos partes. Estas partes son: la parte del `setup()` y la segunda parte es la del bloque `void loop()`.

El `Setup()` es el bloque que se ocupa de establecer los valores iniciales en el arranque de la aplicación, el `setup()` solo se ejecuta una vez cuando se inicia la aplicación. El `void loop()` es el bloque que contiene el programa o los programas que se ejecutaran en ciclo infinito, por esta razón el término "loop" que significa bucle. Ambos bloques son necesarios para que la aplicación funcione.

LabVIEW

El programa LabVIEW establece un innovador sistema de programación mediante gráficos, para trabajar con aplicaciones que impliquen adquisición de datos del entorno físico, para analizarlos, controlarlos y ejecutar acciones. En nuestra propuesta vamos a aprovechar las siguientes ventajas que nos ofrece este sistema.



Figura 21 Logotipo de LabVIEW.

- Disminuye el tiempo que se emplea para desarrollar aplicaciones en una proporción de 4/10, esto debido a que es intuitivo y sus funciones son fáciles de asimilar
- La curva de aprendizaje es bastante grande.
- Proporciona mucha flexibilidad a la aplicación, permitiendo modificaciones tanto al software como en el hardware.
- El sistema está equipado con un compilador gráfico para lograr que la velocidad en el tiempo de ejecución sea óptima.
- Es posible integrar otras aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW es un entorno de desarrollo que está orientado a crear aplicaciones comerciales tal como las que se producen con el lenguaje C o Visual Basic, pero cabe mencionar que LabVIEW se distingue en estos lenguajes en que la programación se realiza de manera gráfica y no con líneas de texto, a esta forma de programar con gráficos la conoce como lenguaje G, o lenguaje de Bloque. Más adelante podremos apreciar código escrito en lenguaje de G.

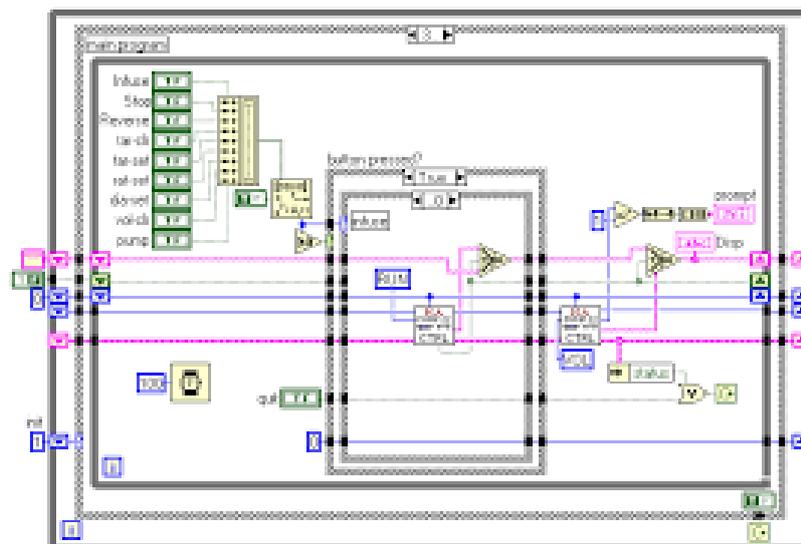


Figura 22 Programación en el lenguaje G de LabVIEW.

Es el programa que utilizaremos para procesar las imágenes y construir la interfaz que comunicara al usuario operador con todo el sistema.

Para el procesamiento de imágenes LabVIEW utiliza módulos y librerías que trabajan en conjunto y nos ofrecen funciones codificadas en el mismo lenguaje G, y nos facilitaran la construcción de la aplicación. A continuación, se procede a detallar cada uno de los módulos y librerías necesarias para realizar esta labor.



Figura 23 Vision Builder – National Instruments.

- NI Visión Development
- NI Visión Adquisición
- NI Visión 2017
- NI DAQmx
- NI ToolKit LINX

NI Visión Development.- Este módulo es utilizado por LabVIEW para configurar las cámaras, para personalizar el análisis de las imágenes y para emitir resultados. Este módulo es utilizado por ingenieros y por científicos que crean sistemas de visión artificial y tratamiento de imágenes digitales.

NI Visión Adquisición.- Este módulo es utilizado para capturar, mostrar y guardar imágenes en diferentes formatos.

NI Visión.- Contiene herramientas para capturar y procesar imágenes.

NI DAQmx.- Ofrece soportes para desarrolladores que hacen uso de dispositivos que capturan datos y adaptación de señales. También puede ser visto como un controlador de instrumentos.

NI ToolKit LINX.- Esta creado para proveer herramientas que facilitan la creación de aplicaciones embebidas con LabVIEW.



Figura 24 Modulo de LINX

Cabe recalcar que para poder hacer uso de LabVIEW será menester contar con una computadora con las siguientes características.

- Disco duro 4 GB (Para poder almacenar el programa y sus módulos)
- Sistema operativo Windows 8, 8.1, 10
- Memoria RAM de 6 GB
- Procesador de 2.6 GHz

Consideramos apropiado mencionar que se prefiere que el equipo sea portátil ya que esto facilitara menormente el traslado, montaje y desmontaje del prototipo.

Para los programadores e ingenieros en general el trabajar con LabVIEW no resulta complejo, ya que este hace uno de tipologías y de iconografías que tanto para los ingenieros como para los programadores resulta fácil de asimilar y este se basa en símbolos y gráficos, en lugar de depender de un lenguaje escrito.

LabVIEW cuenta con una amplia multiplicidad de bibliotecas y estas a su vez contienen funciones. Es imperativo mencionar que aparte de las funciones básicas con las que cuenta cada lenguaje de programación, LabVIEW cuenta con librerías especiales que se emplean para:

- La adquisición de datos
- Control de instrumentos electrónicos
- Funciones que permiten la presentación de la información

- Librerías con funciones que permiten la comunicación en serie entre diferentes dispositivos electrónicos, siguiendo estándares de protocolos de comunicación entre dispositivos electrónicos como lo son el protocolo I²C

Se hace mención de estas librerías especiales, porque en la propuesta vamos a hacer uso de este tipo de librerías.

Las aplicaciones creadas en LabVIEW, son llamadas “Instrumentos Virtuales” de allí este acrónimo (VI`s). Este nombre se debe a que: la apariencia y forma de trabajar de estos emulan a los instrumentos reales. Cada VI tiene su panel frontal que sirve de interfaz para que el usuario interactúe con el sistema y también cada VI contiene otra parte con el código fuente. Cabe mencionar que cada VI puede recibir parámetros o valores provenientes de otros VI`S, pero no haremos uso de esta funcionalidad, esto debido a que toda nuestra aplicación de visión artificial por computadora estará contenida en un solo VI.

Aclaremos que todos los VI`s creados en LabVIEW poseen:

- Un panel frontal (que está conformado de botones, potenciómetros, palancas, pulsadores etc. Y sirve para el usuario introduzca valores y presente salidas a este)
- Diagrama de bloques (que maneja funciones, terminales y estructuras de control)
- Finalmente manifestamos que dentro de cada VI existen paletas (de herramientas, de control y de funciones que se usan para modificar la interfaz gráfica de usuario, como también para hacer cambio en el diagrama de bloques)

Finalmente señalaremos que la versión de LabVIEW que utilizaremos será la versión de LabVIEW 2017. Esto se debe a que como es bien sabido en el mundo de la programación la última versión de un sistema no siempre resulta la mejor opción para desarrollar una aplicación ya que estas últimas versiones aún se encuentran atravesando una fase de prueba y no son completamente estables y son utilizadas para desarrollar trabajos de prueba más casi nunca para crear aplicaciones a desplegar en modo de producción.

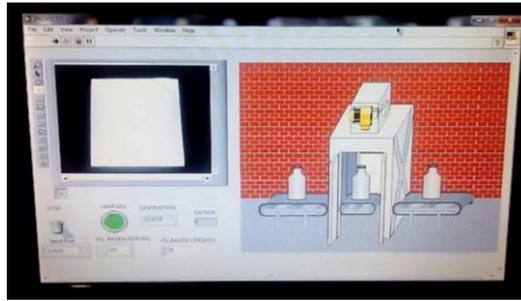


Figura 27 Aplicación en LabVIEW.

Otra funcionalidad útil que se estima presente la aplicación es que pueda mostrar información valiosa mediante su interfaz gráfica de usuario.

Programar a la aplicación para que registre el tiempo empleado en realizar análisis.

Sistematizar la aplicación en LabVIEW para que tome el tiempo tarda en inspeccionar un producto para luego evaluar los resultados y determinar si está cumpliendo con los estándares

4.5 PLANEACIÓN DE LA PROPUESTA

4.5.1 ALCANCE DE LA PROPUESTA

Cuadro 10 Alcance de la propuesta.

Detalle	Valor
Delimitacion espacial	Talleres de la Facultad de Ciencias de la Ingeniera Universidad Estatal de Milagro
Delimitacion temporal	2019 – 2020
Area	Programacion, Sistemas Electricos y Electronicos, Sistemas Digitales
Tipo	Propuesta Tecnologica
Tema:	Desarrollo del prototipo de un Sistema de Visión Artificial para controlar imperfecciones y monitorear productos enlatados mediante el procesamiento de imágenes digitales implementado en la Universidad Estatal de Milagro como refuerzo educativo y motivacional para los alumnos de ingeniería

4.5.2 RECOPIACIÓN DE REQUISITOS

Requisitos para elaboración de maqueta	
Requisitos	Cantidad
Carton Prensado	2 mts
Microcontrolador	1
Cables Jack	12
Pegamento	200 ml
Cuter	1
Pinturas	3 latas
Telefono inteligente	1
Cable transferencia de datos	1
Tripo para camara	1

Figura 28 Requisitos para la elaboración de maqueta.

Recursos humanos			
Descripción	Costo	Tiempo	Sub total
Tutor	N/A	4 Meses	N/A
Asesor en Electrónica	\$ 10,00	3 horas	\$ 30,00
Diseñador de la maqueta	\$ 10,00	4 dias	\$ 40,00

Figura 29 Recursos humanos.

Recursos financieros				
Descripción	Agosto	Septiembre	Octubre	Sub total
Capital propio	\$ 120,00			\$ 120,00
Ingresos por honorarios en trabajo de medio tiempo	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 600,00

Figura 30 Recursos financieros.

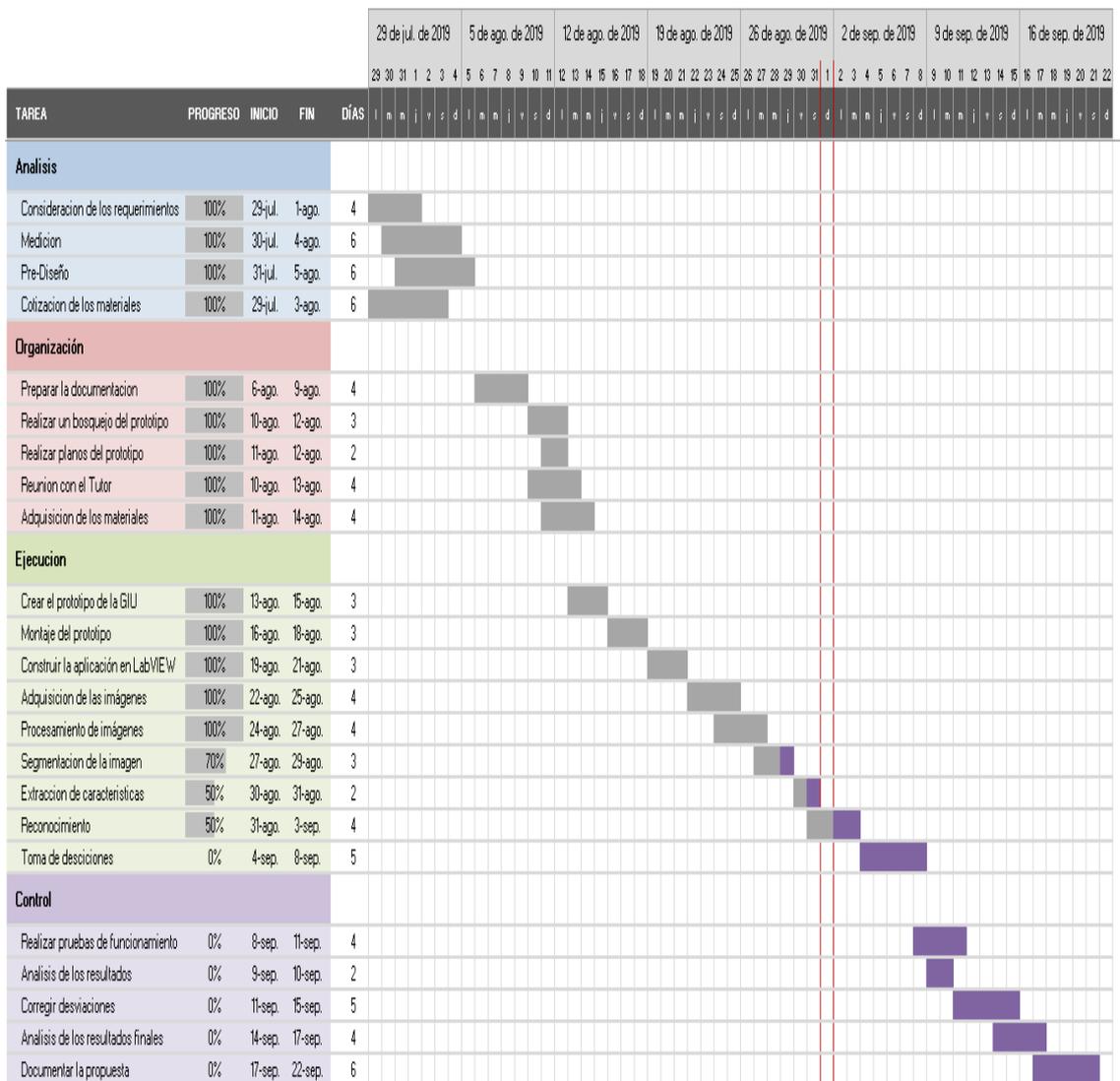


Figura 31 Actividades en Diagrama de Gantt.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

No.	Descripción	Cant.	Unid. De medida	Precio Unitario	Precio Parcial
	Materiales de Trabajo				\$ 1.480,00
1	Laptop	1	Unid	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
2	Mesa	1	Unid	\$ 80,00	\$ 80,00
3	Silla	1	Unid	\$ 40,00	\$ 40,00
4	Materiales de la maqueta	1	Unid	\$ 40,00	\$ 40,00
5	Camara Smartphone	1	Unid	\$ 120,00	\$ 120,00
	Materiales Consumibles				\$ 52,30
6	Papel bond A4	1	Rezma	\$ 5,30	\$ 5,30
7	Lapiz	1	Unid	\$ 1,00	\$ 1,00
8	Boligrafos	3	Unid	\$ 1,50	\$ 4,50
9	Resaltadores	4	Unid	\$ 2,50	\$ 10,00
10	Cuaderno de Notas	1	Unid	\$ 1,50	\$ 1,50
11	Archivador	1	Unid	\$ 30,00	\$ 30,00
	Servicios				\$ 959,25
8	Internet	4	Meses	\$ 86,00	\$ 344,00
9	Licencia Basica LabVIEW	1	año	\$ 446,00	\$ 446,00
10	Fotocopias	240	Unid	\$ 0,05	\$ 12,00
11	Telecomunicaciones	300	Minutos	\$ 0,20	\$ 60,00
12	Impresiones	175	Unid	\$ 0,05	\$ 8,75
13	Energia Electrica	4	Meses	\$ 10,00	\$ 40,00
14	Transporte	4	Meses	\$ 10,00	\$ 40,00
15	Anillados e Informes	5	Unid	\$ 1,70	\$ 8,50
	Recursos Humanos				\$ 110,00
16	Diseñador Maqueta	1	Persona	\$ 40,00	\$ 40,00
17	Asesor en electronica	1	Persona	\$ 30,00	\$ 30,00
	Gasos Adicionales				\$ 20,00
18	Imprevistos	1		\$ 20,00	\$ 20,00
Costo total del proyecto					\$ 2.621,55

Figura 32 Análisis de costo detallado.

Inversion Inicial = \$2621,55

Flujos de ingresos "I"	
Año	Valor
1	\$ 2.400,00
2	\$ 2.400,00
3	\$ 2.400,00
4	\$ 2.400,00
5	\$ 2.400,00
Total	12000

Flujos de Egresos "E"	
Año	Valor
1	\$ 60,00
2	\$ 55,00
3	\$ 50,00
4	\$ 45,00
5	\$ 40,00
Total	250

Flujos de efectivo neto "I-E"	
Año	Valor
1	\$ 2.340,00
2	\$ 2.345,00
3	\$ 2.350,00
4	\$ 2.355,00
5	\$ 2.360,00
Total	11750

f1 = \$ 2.340,00
 f2 = \$ 2.345,00
 f3 = \$ 2.350,00
 f4 = \$ 2.355,00
 f5 = \$ 2.360,00
 n = 5 años
 i = 10% tasa de interes
 IO = \$ 2.621,55

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f4}{(1+i)^{n4}} + \frac{f5}{(1+i)^{n5}} - IO$$

$$VAN = \frac{2340}{(1+0,10)^1} + \frac{2345}{(1+0,10)^2} + \frac{2350}{(1+0,10)^3} + \frac{2355}{(1+0,10)^4} + \frac{2360}{(1+0,10)^5} - 2621,55$$

$$VAN = \$ 6.283,20$$

Figura 33 Calculo de VAN.

Para calcular la Tasa interna de retorno (TIR) debemos igualar el VAN a Cero.

VAN = 0

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f4}{(1+i)^{n4}} + \frac{f5}{(1+i)^{n5}} - IO$$

$$0 = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f4}{(1+i)^{n4}} + \frac{f5}{(1+i)^{n5}} - IO$$

$$0 = \frac{2340}{(1+0,85)^1} + \frac{2345}{(1+0,85)^2} + \frac{2350}{(1+0,85)^3} + \frac{2355}{(1+0,85)^4} + \frac{2360}{(1+0,85)^5} - 2621,55$$

TIR = 85%

Figura 34 Calculo del TIR.

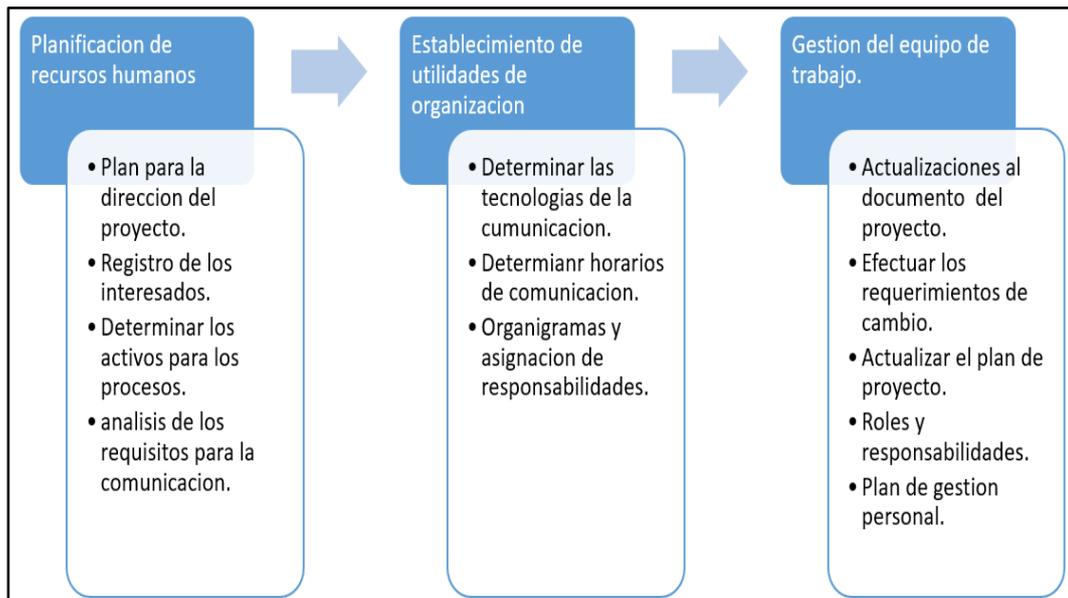


Figura 35 Esquema de la gestión de los Recursos Humanos.

GESTIÓN DE RIESGOS					
Área afectada	causa	Descripción del riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Estimación de daño / 10	Acción Preventiva Evitar o Reducir
Compras	Que la duración del proyecto sea de larga duración y que los precios establecidos del mercado cambien	Riesgo: Se corre el riesgo de que el costo de los materiales del proyecto crezca Impacto: No contaríamos con el presupuesto del proyecto y afectaría al control	10%	7	Negociar rangos de precios con proveedores o adquirir los materiales con anticipación
Compras	Cese de fabricación de uno de los dispositivos	Riesgo: que deje de fabricarse uno de los dispositivos considerados en la planificación Impacto: Condiciona bastante el diseño del prototipo	2%	8	Buscar dispositivos alternativos que cumplan la misma función
Diseño maqueta	Entrega de la maqueta fuera de tiempo	Riesgo: que la maqueta no sea entregada en el tiempo acordado Impacto: Atraso en la presentación del proyecto	40%	9	Acordar el tiempo de entrega con un periodo de holgura
Enfermedad	Enfermedad común	Riesgo: que varios actores principales involucrados en el proyecto queden indisponibles por enfermedad Impacto: Incumplimiento con lo planificado en el proyecto	20%	8	Acordar el tiempo de entrega con un periodo de holgura
Siniestro	Fallo en un componente	Riesgo: existe la posibilidad de que un componente se quemara o descomponga Impacto: Incumplimiento con lo planificado en el proyecto	30%	9	Contar con repuestos de los componentes más sensibles e indispensables Acordar el tiempo de entrega con un periodo de holgura

Figura 36 Análisis de Gestión de Riesgo.

CONCLUSIONES

Se consiguió crear el prototipo de un sistema de visión artificial por computadora que permitía detectar imperfecciones en productos enlatados mediante el cumplimiento de los objetivos se lograron obtener los siguientes resultados.

- En cuanto a la aplicación se ha demostrado que esta es capaz de adquirir las imágenes procesarlas y mostrar resultados a los usuarios mediante la interfaz gráfica.
- El tiempo para certificar la calidad de un producto se redujo, entonces logramos disminuir el tiempo empleado para la inspección.
- Poniendo en comparación todos los procesos expuestos se puede determinar que la utilización de los sistemas de visión artificial por computadora son la mejor opción para labores de control de calidad en las industrias.

RECOMENDACIONES

Aunque el prototipo funcione recordemos que este solo es la representación de una idea. Los implementos a utilizar en un sistema de visión artificial que opere en un ambiente en producción deberán ser instrumentos profesionales y de alta precisión ya que los instrumentos utilizados para construir el prototipo son básicos y algunos con el proyecto Arduino han sido creado con fines educativos y prácticos.

Para facilitar el análisis de las imágenes se deberán utilizar tras estas un fondo negro mate que absorba la luz y elimine así cualquier intromisión de ruido en el sistema.

Se deberán tomar en cuenta que es posible que existan variaciones de luz, por esta razón se recomienda implementar el sistema en un ambiente establecido que este bien controlado.

Para futuros proyectos sería deseable construir un sistema de visión artificial que se pueda montar no en un prototipo sino en plantas industriales y fábricas. Recomendamos considerar

Se recomienda dar a conocer esta propuesta a los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro con la finalidad de despertar en los estudiantes el interés en los procesos de automatización y control, así como también en las técnicas de visión artificial dado que este tema ha tenido muy poca difusión en la carrera

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés, J., & Yepes, C. (2018). Implementación en software de un sistema de visión artificial para reconocimiento de gestos de la mano , aplicado en la interacción con un sistema simulado del estéreo de un vehículo . Asesor : José Daniel Bolaños , Magister (MSc) en ingeniería electrón. *Universidad de San Buenaventura Colombia*. Retrieved from http://45.5.172.45/bitstream/10819/6154/1/Implementación_Software_Visión_Cuca_2018.pdf
- Cáceres, J. (2011). Sistema de Visión Artificial Para Inspección del Nivel de Llenado de Bebidas Embotelladas. Retrieved from http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/2348/1/Tesis_t677id.pdf
- Cristhian, L. (2015). Inspección de soldadura MIG/MAG de piezas metálicas utilizando técnicas de visión artificial y procesamiento de imágenes. *Universidad Politecnica Saieciana - Sede Cuenca*, 80. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8336>
- Gallo, D. (2019). Diseño e implementación de un robot humanoide para terapia de niños con trastorno del espectro autista. *Escuela Academica Profesional de Ingenieria Mecatronica - Facultad de Ingenieria*. Retrieved from https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/6027/1/IV_FIN_112_TI_Gallo_Tores_2019.pdf
- Geografi, J. K. N. (2019). Herramienta de Reconocimiento Facial con Tecnica de Vision Computacional 2D. *Αγαη*, 8(5), 55. Retrieved from <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11041>
- Ramos-tene, A. (2019). Diseño de un Sistema de Clasificaron Para Limón por Tamaño y Color. *Universidad de Piura*. Retrieved from <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4033>
- Ramos, Javier. (2018). Sistema de Visión Artificial para el Conteo y Medición de Alevinos de Trucha “Arcoíris”, Para la Dirección Subregional de la Producción Andahuaylas 2018. *Facultad de Ingenieria En Sistmas - Universidad Nacional Jose Maria Arguedas - Peru*. Retrieved from <http://181.176.178.114/handle/123456789/431>
- Ramos, Juan. (2018). Análisis de fallas de la unidad de control electrónica-ecu de la camioneta

diésel 4x4 Volkswagen Amarok en zonas altiplánicas de la región Puno. *Universidad Andina, Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras*. Retrieved from <http://190.116.50.20/handle/UANCV/3171>

Ramos, L. (2018). Sistema de Predicción de Posición y Seguimiento de una Esfera en Tiempo Real Utilizando Visión Artificial. *Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ciencias*. Retrieved from <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1758>

Tierra, J., & Galarza, M. (2017). Implementación de un Sistema de Control y Monitoreo en Base al Procedimiento de Imágenes Digitales en los Sistemas de Visión Artificial Aplicado al Reconocimiento de la Máquina Selectora de Botellas en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9346>

