

**PROYECTO CURRICULAR INGENIERIA MECANICA  
FORMATO PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS  
NO. DE RADICACION: \_\_\_\_\_**

**INFORMACION DE EJECUTORES**

**EJECUTOR 1:**

Nombre: **JHONN FERNANDO**  
Apellidos: **RAMIREZ PINTO**  
Código: **20141375059**  
e-mail: **jhonfer90@hotmail.com**  
Teléfono: **(571) 4206495**  
Celular: **3143145696**



**EJECUTOR 2:**

Nombre: **YIMMY ALEXANDER**  
Apellidos: **PEÑA SIERRA**  
Código: **20141375034**  
e-mail: **yimmy753@hotmail.com**  
Teléfono: **(571) 7026284**  
Celular: **3115295207**



## **INFORMACION DEL PROYECTO**

Título del proyecto: Control e implementación de un UGV en la celda de manufactura flexible HAS-200 mediante visión artificial.

Duración (Estimada): 5 meses

Tipo de proyecto (marque con una "X"):

- Innovación y desarrollo tecnológico      X
- Prestación y servicios tecnológicos
- Otros

Modalidad (trabajo de grado): Trabajo de Grado

Línea de investigación de la facultad: Desarrollo tecnológico, local e institucional.

Línea de investigación del proyecto curricular: Diseño y Automatización en Ingeniería Mecánica

Grupo de investigación:

Proyecto de investigación:

Áreas del conocimiento que involucra: Automatización, Programación y Diseño.

## **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Director (Vo. Bo.): Ing. JOHN ALEJANDRO FORERO CASALLAS.

**CONTROL E IMPLEMENTACIÓN DE UN UGV EN LA CELDA DE  
MANUFACTURA FLEXIBLE HAS-200 MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL.**

**JHONN FERNANDO RAMIREZ PINTO**

**20141375059**

**YIMMY ALEXANDER PEÑA SIERRA**

**20141375034**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**INGENIERIA MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2016**

**CONTROL E IMPLEMENTACIÓN DE UN UGV EN LA CELDA DE  
MANUFACTURA FLEXIBLE HAS-200 MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL.**

**JHONN FERNANDO RAMIREZ PINTO**

**20141375059**

**YIMMY ALEXANDER PEÑA SIERRA**

**20141375034**

**Proyecto para optar al grado de Ingeniero Mecánico**

**PRESENTADO A:**

**PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA MECÁNICA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**INGENIERIA MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2016**

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
2. ESTADO DEL ARTE .....	8
3. JUSTIFICACION.....	14
4. OBJETIVOS.....	15
4.1    Objetivo General .....	15
4.2    Objetivos específicos .....	15
5. MARCO TEORICO .....	16
6. METODOLOGIA .....	27
6.1    Cronograma de actividades .....	29
7. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN .....	31
7.1    Estimación de costos. ....	32
8. BIBLIOGRAFÍA.....	33

## INDICE DE IMAGENES

FIGURA 1 Vehículo terrestre UGV militar .....	9
FIGURA 2 1 <sup>er</sup> Brazo robótico.....	11
FIGURA 3 Robot unimate móvil .....	12
FIGURA 4 Ramas de la inteligencia artificial.....	16
FIGURA 5 Detección y percepción.....	16
FIGURA 6 Esquema de la imagen binaria .....	18
FIGURA 7 Obtención de una imagen lineal .....	19
FIGURA 8 Ejemplo cámara matricial.....	19
FIGURA 9 Aplicaciones sistema presencia- ausencia .....	20
FIGURA 10 Pick-up & place 3d.....	21
FIGURA 11 Aplicación sistema de metrología .....	22
FIGURA 12 Articulación brazo robótico.....	23
FIGURA 13 Robot móvil .....	23
FIGURA 14 Clasificación de las redes wi-fi.....	25
FIGURA 15 Aplicación de interfaz bluetooth en un hardware. ....	25

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 Cronograma de actividades .....	29
TABLA 2 Presupuesto y fuentes de financiación.....	31

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la sala altamente automatizada HAS-200 de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad Tecnológica se evidencia la necesidad de tener un sistema que sea capaz de complementar el proceso de transporte secuencial que existe en la celda de manufactura flexible HAS-200, Permitiéndole que un producto sea generado por medio de un proceso no convencional disminuyendo así el número total de etapas dentro de su proceso de manufactura.

## 2. ESTADO DEL ARTE

La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial que tiene por objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos y generar programas que permitan simular estas capacidades visuales por computadora. La visión artificial permite la detección automática de la estructura y propiedades de un posible mundo dinámico en 3 dimensiones a partir una o varias imágenes bidimensionales del mundo. Las imágenes pueden ser monocromáticas o a color; pueden ser capturadas por una o varias cámaras, y cada cámara puede ser estacionaria o móvil. La estructura y propiedades del mundo tridimensional que se intentan deducir en la visión artificial incluyen no sólo propiedades geométricas (tamaños, formas, localización de objetos, etc.), sino también propiedades del material (sus colores, sus texturas, la composición, etc.) y la luminosidad u oscuridad de las superficies.

La Visión Artificial, pretende capturar la información visual del entorno físico para extraer características relevantes visuales, utilizando procedimientos automáticos. Según Marr, "Visión es un proceso que a partir de imágenes del mundo exterior produce una descripción útil para el observador y no tiene información irrelevante"<sup>1</sup>.

El objetivo de un sistema de inspección por visión artificial suele ser comprobar la conformidad de una pieza con ciertos requisitos, tales como las dimensiones, números de serie, la presencia de componentes, etc.

La utilización de los sistemas no tripulados (US, Unmanned Systems) en diferentes campos como en lo civil y, sobre todo, en lo militar ha tenido un gran crecimiento exponencial durante los últimos años. En el aspecto militar, la robotización en el campo de combate es ya un fenómeno desarrollado y en los últimos años su utilización ha ido en aumento en todos los niveles, sobre todo en lo que respecta a los sistemas no tripulados. Un claro ejemplo es el robot con el semblante de un animal, concretamente una mula, diseñado por la Agencia de Investigación de la Defensa de los EE.UU. Este robot se ha desarrollado para ayudar a los soldados y por el momento es capaz de responder y obedecer a órdenes verbales.

Existen diferentes tipos de sistemas no tripulados y se pueden clasificar en terrestres, marítimos y aéreos:

### **Vehículo Terrestre no Tripulado:**

Los vehículos terrestres no tripulados, también conocidos como "UGV" (Unmanned Ground Vehicles), son plataformas robóticas que se utilizan para

---

<sup>1</sup> **Visión por computadora. Oscar Maldonado Valles.** [En línea] 05 de 2002. [Citado el: 28 de 04 de 2016.] <http://www.depi.itch.edu.mx/apacheco/expo/html/ai11/vision.html#page3>



ayudar al ser humano a realizar diferentes tareas como podrían ser estudios sencillos de zonas terrestres o tareas peligrosas como la detección de explosivos, entre otras.

**FIGURA 1** VEHÍCULO TERRESTRE UGV MILITAR



Fuente: Wheelbarrow MK9 Unmanned Ground Vehicle, United Kingdom [en línea]  
[Consultado el 28 de abril de 2015] Disponible en: <http://www.army-technology.com/projects/wheelbarrowmk9/>

### **Vehículo Aéreo no Tripulado:**

Los vehículos aéreos no tripulados, también conocidos como “UAV” (Unmanned Aerial Vehicles), son sistemas aéreos que al igual que los UGV, pueden ayudar a realizar tareas de reconocimiento de zonas geográficas o entrar en misiones de combate para ayudar a las tropas que combaten.

### **Vehículo de Superficie no Tripulado:**

Los vehículos de superficie no tripulados, también conocidos como “USV” (Unmanned Surface Vehicles), son aquellos sistemas de vehículos que operan en la superficie del agua sin ningún tipo de tripulante. Dentro de este grupo también se engloba a los submarinos autónomos.

Como marco previo a la realización de un UGV se cuenta en la industria con varias plataformas que pudiesen controlar el sistema terrestre no tripulado que se iba a crear. Para ello, se necesitaría la utilización de una plataforma que maneje un tipo de hardware que nos permita desarrollar un aplicativo para que posteriormente se pudiese instalar en el UGV y que éste fuese capaz de desempeñar las tareas encomendadas. No obstante, para comenzar a instalar cualquier tipo de plataforma, primero se ha de realizar un estudio con las diferentes opciones, para así poder escoger la que mejor se adapte a nuestras necesidades.

En los últimos años, el mercado de los sistemas no tripulados ha crecido de una forma notable, y se cree que va a seguir creciendo en el futuro a un alto ritmo. En la actualidad hay un medio centenar de países que los utilizan, de los cuales el principal es Estados Unidos, con el 58 por 100 del mercado mundial<sup>2</sup>. Aunque hay otros países que están empezando a tomar posiciones de protagonismo, como China, Rusia, India o Brasil, y Europa Occidental se presenta como una zona clave en el desarrollo de estos sistemas y vehículos.

Actualmente en la Unión Europea, Francia y Reino Unido representan las tres cuartas partes de este mercado. Comparando el conjunto de sistemas no tripulados aéreos, navales y terrestres, se prevé un considerable aumento de los navales, puesto que de los terrestres ya hay un gran volumen en el mercado, y el número de los aéreos también es elevado. Las cifras comparativas nos hablan de 28.000 sistemas terrestres, frente a 14.600 aéreos y 1.400 navales.<sup>3</sup>

La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. La historia de la robótica ha estado unida a la construcción de “artefactos”, que trataban de materializar el deseo humano de crear seres semejantes a nosotros. La palabra robot fue usada por primera vez en el año 1921, cuando el escritor checo Karel Čapek (1890-1938) estrena en el teatro nacional de Praga su obra Rossum’s Universal Robot (T.U.R). Su origen es la palabra eslava robota, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada.

Con el objetivo de diseñar una máquina flexible, adaptable al entorno y de fácil manejo, George Devol, pionero de la Robótica Industrial, patentó en 1948, un manipulador programable que fue el germen del robot industrial. En 1948 R.C. Goertz del Argonne National Laboratory, desarrolló, con el objetivo de manipular elementos radioactivos sin riesgo para el operador, el primer tele manipulador. Éste consistía en un dispositivo mecánico maestro-esclavo. El manipulador maestro, reproducía fielmente los movimientos de este.

Años más tarde, en 1954, Goertz hizo uso de la tecnología electrónica y del servo-control sustituyendo la transmisión mecánica por eléctrica y desarrollando así el primer tele manipulador con servocontrol bilateral. Otro de los pioneros de la tele manipulación fue Ralph Moshier, ingeniero de la General Electric que en 1958 desarrolló un dispositivo denominado Handy-Man, consistente en dos brazos mecánicos teleoperados mediante un maestro del tipo denominado exoesqueleto.

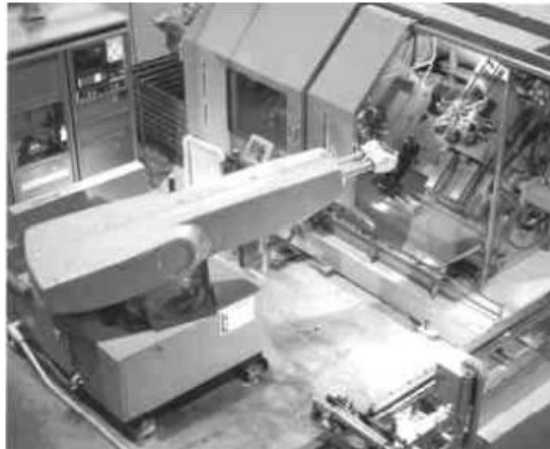
---

<sup>2</sup> Carrasco, B., & Alberto, J. (2015). Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS.

<sup>3</sup> Ballesteros, R., Ortega, J. F., Hernández, D., & Moreno, M. A. Estimación del Índice de Área Foliar en cebada mediante el empleo de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT).

Junto a la industria nuclear, a lo largo de los años sesenta la industria submarina comenzó a interesarse por el uso de los tele manipuladores<sup>4</sup>.

**FIGURA 2** 1<sup>ER</sup> BRAZO ROBÓTICO



Fuente: ¿Qué es un robot? [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2015] Disponible en:  
[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.1.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.1.htm)

A este interés se sumó la industria espacial en los años setenta. La evolución de los tele manipuladores a lo largo de los últimos años no ha sido tan espectacular como la de los robots. Recluidos en un mercado selecto y limitado (industria nuclear, militar, espacial, etc.) son en general desconocidos y comparativamente poco atendidos por los investigadores y usuarios de robots. Por su propia concepción, un tele manipulador precisa el mando continuo de un operador, y salvo por las aportaciones incorporadas con el concepto del control supervisado y la mejora de la tele presencia promovida hoy día por la realidad virtual, sus capacidades no han variado mucho respecto a las de sus orígenes.

La sustitución del operador por un programa de ordenador que controlase los movimientos del manipulador dio paso al concepto de robot. La primera patente de un dispositivo robótico fue solicitada en marzo de 1954 por el inventor británico C.W. Kenward. Dicha patente fue emitida en el Reino Unido en 1957, sin embargo fue George C. Devol, ingeniero norteamericano, inventor y autor de varias patentes, el que estableció las bases del robot industrial moderno. En 1954 Devol concibió la idea de un dispositivo de transferencia de artículos programada que se patentó en Estados Unidos en 1961.

En 1956 Joseph F. Engelberger es director de ingeniería de la división aeroespacial de la empresa Manning Maxwell y Moore en Stanford, Connecticut.

---

<sup>4</sup> **Antecedentes Históricos** [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2016]  
<http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r62/r62.htm>

Juntos Devol y Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, fundando la Consolidated Controls Corporation, que más tarde se convierte en Unimation (Universal Automation), e instalando su primera máquina Unimate (1960), en la fábrica de General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en una aplicación de fundición por inyección. Devol predijo que el robot industrial "ayudaría al trabajador de las fábricas del mismo modo en que las máquinas de ofimática habían ayudado al oficinista".<sup>5</sup>

En 1968 J.F. Engelberger visitó Japón y poco más tarde se firmaron acuerdos con Kawasaki para la construcción de robots tipo Unimate. El crecimiento de la robótica en Japón aventaja en breve a los Estados Unidos gracias a Nissan, que formó la primera asociación robótica del mundo, la Asociación de Robótica industrial de Japón (JIRA) en 1972<sup>6</sup>. Dos años más tarde se formó el Instituto de Robótica de América (RIA), que en 1984 cambió su nombre por el de Asociación de Industrias Robóticas, manteniendo las mismas siglas (RIA).

**FIGURA 3** ROBOT UNIMATE MÓVIL



Fuente: Robots móviles [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2015] Disponible en:  
[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.5.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.5.htm)

Por su parte Europa tuvo un despertar más tardío. En 1973 la firma sueca ASEA construyó el primer robot con accionamiento totalmente eléctrico. En 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo, Suecia

Existen muchas funciones que desarrolla el robot en el medio como:

- Terrestres (vehículos, robots con patas, manipuladores industriales)
- Aéreos (dirigibles)

---

<sup>5</sup> Michael Brady and Richard Paul, editors. Robotics Research: The First International Symposium. The MIT Press, Cambridge MA, 1984

<sup>6</sup> Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Capítulo 6, Programación y control de procesos. Juan A. Alonso, Santiago Blanco A., Santiago Blanco S., Roberto escribano, Víctor R. González, Santiago Pascual, Amor Rodríguez. Editorial Ra-Ma 2004.

- Acuáticos (nadadores, submarinos)
- Híbridos (trepadores)

Y existen más en función del control de movimiento como:

- Autónomos
- Teleoperados.
- Robots fijos: automatización de procesos industriales, asistencia médica, etc.
- Robots móviles: exploración, transporte.
- Reproducir ciertas capacidades de los organismos vivos.
- Otros: entretenimiento

Los últimos 25 años robots han sido incorporados a la cirugía. La incorporación de la robótica a la cirugía laparoscopia tiene las ventajas de mejorar la maniobrabilidad, permitir visión 3D, eliminar el temblor fisiológico, disminuir las complicaciones y tiempos operatorios, y disminuir el tiempo de aprendizaje, todo lo cual favorece el desarrollo de un mayor número de cirugías mínimamente invasivas.

### **3. JUSTIFICACION**

Actualmente la Universidad Distrital Francisco José de Caldas cuenta con una celda de manufactura flexible HAS-200, ubicada en la sala altamente automatizada HAS-200 de la facultad tecnológica, la cual está disponible para los alumnos de todas las carreras. Esta celda Has 200 ha sido obtenida a partir de la necesidad de ayudar con el proceso de aprendizaje, enfocada para la capacitación en forma didáctica de la industria de alto nivel de automatización.

Esta celda de manufactura implementa una línea de producción de manera secuencial o lineal, haciendo que el producto a fin tenga la necesidad de pasar por todas las estaciones de operación que posee dicha celda, este proyecto surge para permitir que el producto que vaya en la celda pueda saltar ciertos procesos que no le correspondan dentro del proceso de manufactura, de tal forma que la línea de producción sea mucho más flexible, trayendo múltiples beneficios a dicha sala de automatización ya que ayuda a un avance tecnológico en la línea de producción de la celda HAS-200, y académicamente se logrará un mejor aprendizaje para los alumnos en temas de automatización a nivel industrial para concebir mejores bases en sus conocimientos y así poder implementarlo en el ámbito laboral.

Este sistema complementario no pretende reemplazar de ninguna forma el actual sistema de transporte por banda, por ende, lo que va a generar es una alternativa de transporte para el producto y así lograr obtener un proceso no convencional.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Controlar e implementar un UGV en la celda de manufactura flexible HAS-200 mediante visión artificial.

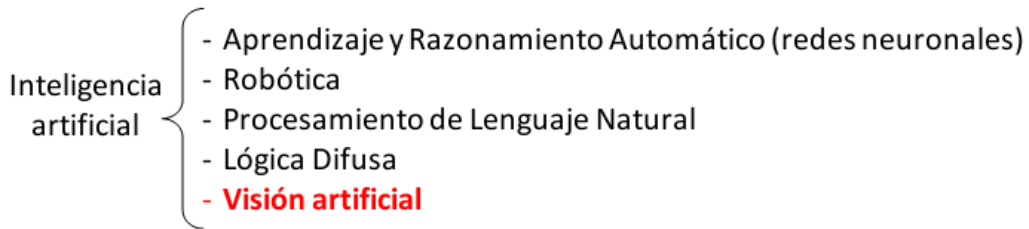
### **4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un UGV para desplazarse dentro de la celda de manufactura.
- Implementar un sistema de visión artificial para identificar la posición de una caja en la celda de manufactura.
  - Realizar montaje de superficie de trabajo.
  - Puesta a punto del sistema.
  - Definir condiciones de iluminación y captura de imagen
- Programar la estrategia de control para desplazar el robot a la posición de la caja identificada.
- Construir el prototipo del UGV.
- Generar un informe de gastos y costos del proyecto.

## 5. MARCO TEORICO

El inicio de la visión artificial, fue marcado por Larry Roberts, el cual, en 1961 creó un programa que podía “ver” una estructura de bloques, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva, demostrando así a los espectadores que esa información visual que había sido mandada al ordenador por una cámara, había sido procesada adecuadamente por él.<sup>7</sup>

**FIGURA 4** RAMAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

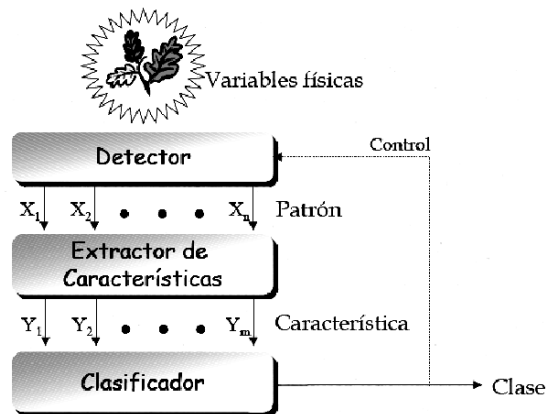


Fuente: Visión artificial e interacción sin mandos [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2015] Disponible en:

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Los sistemas de percepción computacional, como también se conoce a la visión artificial, van más allá de medir o detectar, estos sistemas perciben, es decir descifran o reconocen el mensaje sensorial<sup>8</sup>. La información visual es una proyección bidimensional de objetos tridimensionales y, por tanto, la imagen que capta el ojo humano o una cámara digital tiene infinitas interpretaciones posibles. La percepción es un proceso que se distribuye a lo largo del espacio y del tiempo.

**FIGURA 5** DETECCIÓN Y PERCEPCIÓN



<sup>7</sup> Visión Artificial Un vistazo a la tecnología. [En línea]. Octubre 2004, [Citado el 28 de 04 de 2016.]

<sup>8</sup> PEDRO ROBLES LOPEZ. La Percepción Visual desde el punto de vista del Factor Humano, P 2, 2010



Fuente: Visión artificial e interacción sin mandos [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2015] Disponible en:

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Se podría considerar que las raíces de lo que es en la actualidad el campo de la visión artificial están en el programa espacial de la NASA, en 1964. El programa espacial utilizaba, en un principio, cámaras de televisión que enviaban imágenes analógicas de vuelta a la Tierra. Posteriormente, se cambió a la idea de usar una cámara digital y enviar la información en bits y bytes desde el satélite Mariner 4, en 1964, mientras volaba al planeta Marte. Fue con el procesado digital de dichas imágenes con lo que se dio inicio a lo que es en la actualidad el campo de la visión artificial.<sup>9</sup>

La visión artificial es un campo de estudio diverso y relativamente nuevo. En los inicios de la computación era complicado procesar incluso conjuntos moderadamente grandes de datos de imagen<sup>10</sup>. No fue hasta finales de los años setenta que emergió un estudio más concentrado de dicho campo. En la mayor parte de las aplicaciones prácticas que usan visión artificial esta es pre-programada para resolver una tarea en particular, pero los métodos basados en aprendizaje se están volviendo cada vez más comunes

Los diferentes tipos de vehículos UGV que están o han estado en funcionamiento desde sus inicios se han caracterizado por su parte digital en donde existen varias maneras en las cuales se pueden tomar las diferentes imágenes para poder enviarlas a los robots a continuación veremos las más conocidas las cuales son:

**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.<sup>11</sup>

**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”.

---

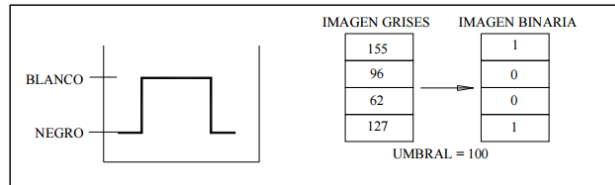
<sup>9</sup> Klette, R., Schlüns, K., & Koschan, A. (1998). Computer vision: three-dimensional data from images (Vol. 1). Singapore: Springer.

<sup>10</sup> **Visión artificial e interacción sin mandos** [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2016] <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

<sup>11</sup> José Francisco Vélez Serrano, Ana Belén Moreno Díaz, Ángel Sánchez Calle, José L. Esteban Sánchez-Marín, Visión por computador T&B editores, 2010.

**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

**FIGURA 6** ESQUEMA DE LA IMAGEN BINARIA



Fuente: Vison Artificial [en línea] Especificaciones técnicas [Consultado el 02 de mayo de 2015]  
Disponble en: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

**Escena:** Es un área de memoria donde se guardan todos los parámetros referentes a la inspección de un objeto en particular: Cámara utilizada, imágenes patrón memorizadas, tolerancias, datos a visualizar, entradas y salidas de control, etc.

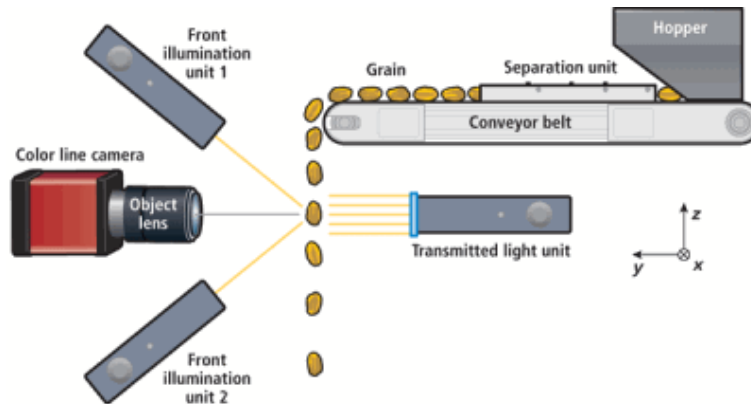
**Window (ventana de medida):** Es el área específica de la imagen recogida que se quiere inspeccionar. Dentro del visón artificial existen diversos tipos de cámaras con los cuales se pueden obtener las imágenes para su posterior reconocimiento los tipos de cámaras son:

**Cámaras lineales:** Construyen la imagen línea a línea realizando un barrido del objeto junto con un desplazamiento longitudinal del mismo. Las cámaras lineales utilizan sensores que tienen entre los 512 y 8192 pixels, con una longitud lo más corta posible y gran calidad de imagen. El hecho de construir imágenes de alta calidad a partir de líneas individuales, requiere de una alta precisión. La alineación y el sincronismo del sistema son críticos si se quiere obtener una imagen precisa del objeto a analizar.

Su utilización está muy extendida para la inspección de objetos de longitud indeterminada, tipo telas, papel, vidrio, planchas de metal, etc.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> José Francisco Vélez Serrano. Visión por computador. [En línea]. 2015, [Citado el 10 de 04 de 2016.]

**FIGURA 7** OBTENCIÓN DE UNA IMAGEN LINEAL



Fuente: Infaimon Visión Artificial Midiendo la calidad del trigo I [en línea] [Consultado el 03 de mayo de 2015] Disponible en: <http://blog.infaimon.com/2012/07/midiendo-la-calidad-del-trigo/>

**Cámaras matriciales:** El sensor cubre un área que está formada por una matriz de pixels. Los sensores de las cámaras modernas son todos de tecnología CCD formados por miles de diodos fotosensibles posicionados de forma muy precisa en la matriz. El tamaño de los CCD está definido en pulgadas, sin embargo, su tamaño real no tiene nada que ver con su valor en pulgadas, sino que están basados en la relación de los primeros con el tamaño de los tubos Vidicon. Formatos habituales son 1/3", 1/2" y 2/3".<sup>13</sup>

**FIGURA 8** EJEMPLO CÁMARA MATRICIAL



Fuente: Visión Online CAMARAS MATRICIALES [en línea] [Consultado el 03 de mayo de 2015] Disponible en: <http://www.visiononline.es/es/productos-vision-artificial/camaras/camaras-matriciales>

**Cámaras color:** Aunque el proceso de obtención de las imágenes es más complejo, proporcionan una mayor información que los monocromos

**Cámara color 1CCD:** Incorporan un sensor con filtro en forma de mosaico, con los colores primarios RGB (filtro bayer), observar en la figura como hay el doble de pixels de color verde para así asemejar la percepción del sensor al ojo humano. Debido al carácter del filtro, bien en el interior de la cámara, o bien en un

<sup>13</sup> E. Trucco y A. Verri, (1998), Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice Hall.

ordenador, se realizan los cálculos necesarios para obtener en tiempo real una señal analógica o digital en RGB.<sup>14</sup>

## SISTEMAS DE VISION ARTIFICIAL

En la industria actual se utilizan los siguientes sistemas de visión artificial: sistema de presencia-ausencia, sistema de pick-up & place, sistema de control de calidad, sistema de metrología, sistema de clasificación industria.

### SISTEMA DE PRESENCIA-AUSENCIA

Inspección de un área donde entre otras funciones, puede definirse en cada imagen las regiones de interés (ROI) y en ellas buscar objetos, medir distancias y reconocer patrones para verificar los procesos de:

- Ensamblaje
- Etiquetado y Marcado
- Soldaduras efectuadas
- Calidad
- Control de presencia de piezas
- Control de utillaje
- Control de acabado superficial

**FIGURA 9** APLICACIONES SISTEMA PRESENCIA- AUSENCIA



Fuente: Visión Artificial APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA VISION ARTIFICIAL EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES [en línea] [Consultado el 03 de mayo de 2015] Disponible en: [http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD\\_1\\_didac\\_Conceptos\\_previos.pdf](http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf)

<sup>14</sup> A. Murat Tekalp, (1995), Digital Video Processing, Prentice Hall.

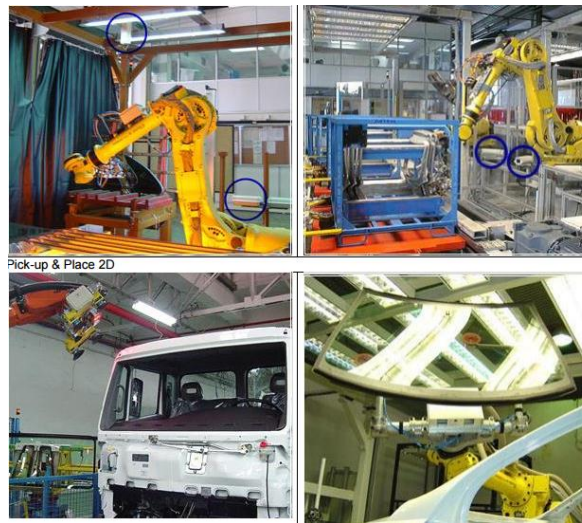
## SISTEMA DE PICK-UP & PLACE (GUIADO DE ROBOTS)

Localización de la posición de un objeto detectando las coordenadas del mismo en el espacio para recogerlo y desplazarlo al lugar deseado.

Guiado de robots y máquinas:

- Localización de centro y orientación para ensamblar piezas
- Manipulado y posicionamiento de piezas
- Recorrido guiado de objetos
- Seguimiento

**FIGURA 10** PICK-UP & PLACE 3D



Fuente: Visión Artificial pick-up APLICACIÓN DE VISION ARTIFICIAL PICK-UP AND PLACE [en línea] [Consultado el 03 de mayo de 2015] Disponible en: <http://www.pyssa.com/es/vision-artificial/pickup-and-place.asp>

## SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD POR VISIÓN ARTIFICIAL

A través de los sistemas de visión artificial se verifica el cumplimiento de los requisitos y especificaciones técnicas de un objeto a partir de un patrón dado.

## SISTEMA DE METROLOGÍA / VISIÓN 3D / CONTROL DIMENSIONAL

Visión 3D y control dimensional mediante la obtención de las magnitudes físicas de un objeto, para verificar que se corresponden con el patrón exigido.

Medición sin contacto:

- Dimensiones de piezas
- Área de superficies
- Distancias entre bordes
- Diámetro de círculos
- Ángulos

- Posición de orificios
- Planitud de superficies
- Montaje de elementos

**FIGURA 11** APLICACIÓN SISTEMA DE METROLOGÍA



Fuente: Visión Artificial APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA VISION ARTIFICIAL EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES [en línea] [Consultado el 03 de mayo de 2015] Disponible en: [http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD\\_1\\_didac\\_Conceptos\\_previos.pdf](http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf)

## Robots

Es complicado establecer una clasificación absolutamente general de los robots debido a la multitud de ellos que existe, algunos muy específicos. No obstante, se pueden clasificar atendiendo a su morfología, al procedimiento de control que utilizan y a sus aplicaciones.

## Morfología

**Manipuladores poliarticulados:** Básicamente se trata de brazos de robot sedentarios, configurados para mover sus elementos terminales (pinzas de sujeción, herramientas, elementos de soldadura...) en un determinado espacio de trabajo, según uno o más sistemas de coordenadas.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> F. Torres, J. Pomares, P. Gil, S.T. Puente, R. Aracil - Robots y Sistemas Sensoriales; Ed. Prentice-Hall. 2002.

**FIGURA 12** ARTICULACIÓN BRAZO ROBÓTICO



Fuente: CLASES DE ROBOTS [en línea] [Consultado el 04 de mayo de 2015] Disponible en: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.2.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.2.htm)

**Móviles:** Provistos de ruedas, orugas o extremidades que les permiten desplazarse de acuerdo a la información que reciben a través de sus sistemas de sensores y a su programación. Algunos, denominados zoomórficos, se caracterizan por sistemas de locomoción que imitan a diversos seres vivos.<sup>16</sup> Se utilizan en experimentación con vistas al desarrollo posterior de vehículos pilotados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Los robots andróides, de locomoción bípeda, intentan reproducir la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Están relativamente poco evolucionados y se destinan fundamentalmente al estudio y la experimentación.

**FIGURA 13** ROBOT MÓVIL



Fuente: CLASES DE ROBOTS [en línea] [Consultado el 04 de mayo de 2015] Disponible en: [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.2.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.2.htm)

**Híbridos:** Robots de difícil clasificación, cuya estructura consiste en la combinación de alguna de las anteriores, bien sea por conjunción o por yuxtaposición.

---

<sup>16</sup> M. A. Cabrera; Modelos Lineales - Apunte de Cátedra para el Capítulo 8 - Modelo de Accionamiento de Juntas. 1990.

## Procedimiento de control

**No servo-controlados:** Son aquéllos en los que cada parte móvil tiene un número fijo de posiciones con topes, normalmente dos, y sólo se desplazan hasta situarse en ellos. Suelen ser de tipo neumático y resultan considerablemente rápidos y precisos.

**Servo-controlados.** Cada elemento móvil cuenta con un sensor de posición, lineal o angular. La señal de éste se envía al sistema de control, que genera la orden de movimiento adecuada para el motor. Pueden ser detenidos en cualquier punto.

**Servo-controlados punto a punto:** Para controlarlos únicamente se les indican las posiciones inicial y final de la trayectoria. El sistema de control calcula la trayectoria necesaria con unos algoritmos diseñados a tal efecto.<sup>17</sup> Son capaces de memorizar posiciones.

## Aplicación

**De producción industrial:** Se usan para la manufactura de productos. Pueden ser de manipulación (en fundición, moldeo, forja, tratamientos térmicos, etc.), de soldadura, pintura, mecanizado, montaje, almacenamiento y control de calidad.<sup>18</sup>

**De servicio:** Se trata de robots que operan autónoma o semiautónomamente para proporcionar servicios útiles a seres humanos o a otros equipamientos, excluyendo operaciones de manufactura. Se pueden clasificar a su vez en robots que proporcionan:

**Servicio a los humanos:** medicina, seguridad, entretenimiento, etc.: El uso de robots en cirugía descarga al cirujano de ciertas tareas mecánicas y aumenta la precisión de ciertas intervenciones<sup>19</sup>. También se usan robots en rehabilitación, como ayuda a discapacitados. Pueden constituir una prolongación de su anatomía o sustituir la función del órgano perdido.

## Tipos de redes de transmisión de datos

**Wi-Fi ("Wireless Fidelity"):** en lenguaje español significa literalmente fidelidad sin cables. También se les denomina WLAN ("Wireless Local Area Network") ó redes de área local inalámbricas. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio con muy buena calidad de emisión para distancias cortas (hasta teóricamente 100 m). Este tipo de transmisión se encuentra

---

<sup>17</sup> Bräunl T.; Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems; Ed. Springer-Verlag. 2006.

<sup>18</sup> Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Capítulo 6, Programación y control de procesos. Juan A. Alonso, Santiago Blanco A., Santiago Blanco S., Roberto escribano, Víctor R. González, Santiago Pascual, Amor Rodríguez. Editorial Ra-Ma 2004.

<sup>19</sup> Bräunl T.; Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems; Ed. Springer-Verlag. 2006.



estandarizado por la IEEE, siglas en inglés del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica, la cual es una organización internacional que define las reglas de operación de ciertas tecnologías.<sup>20</sup>

Para la transmisión es necesario el uso de antenas integradas en las tarjetas, además este tipo de ondas son capaces de traspasar obstáculos sin necesidad de estar frente a frente el emisor y el receptor.

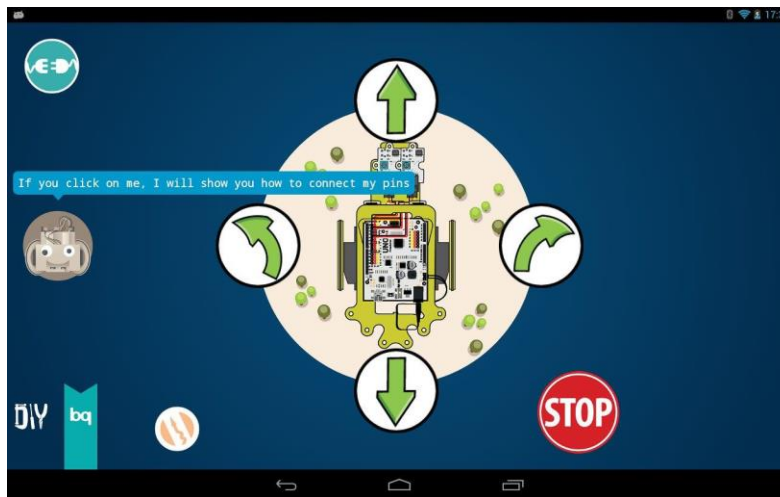
- Actualmente son 4 estándares básicos:

**FIGURA 14** CLASIFICACIÓN DE LAS REDES WI-FI

Nombre	Tecnología	Velocidad de Transmisión	Características
Wireless B	IEEE 802.11b	11 Mbps (Megabits por segundo)	Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente, compatible con velocidades menores.
Wireless G	IEEE 802.11g	11 / 22 / 54 Mbps	Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente.
Wireless N	IEEE 802.11n	300 Mbps	Utiliza una tecnología denominada MIMO (que por medio de múltiples antenas trabaja en 2 canales), frecuencia 2.4 GHz y 5 GHz simultáneamente.
Wireless AC	IEEE 802.11ac	433 Mbps / 1.3 Gbps	Trabaja sobre la banda de los 2.5 Ghz a 5 Ghz (MIMO) de 3 canales, múltiples antenas, también llamada Wi-Fi 5/5G

**BlueTooth:** en lenguaje español significa literalmente diente azul, ello por ser un nombre de un Rey de la antigüedad. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio de corto alcance (1, 20 y 100 m a la redonda dependiendo la versión).<sup>21</sup> Las ondas pueden incluso ser capaces de cruzar cierto tipo de materiales, incluyendo muros.

**FIGURA 15** APLICACIÓN DE INTERFAZ BLUETOOTH EN UN HARDWARE.



<sup>20</sup> "Redes, iniciación y referencia". Autores: Jesús Sánchez Allende, Joaquín López Lériada. Editorial McGraw-Hill

<sup>21</sup> **Bluetooth más que una conexión inalámbrica.** Lourdes Velázquez Pastrana. [En línea]. Octubre 2004, [Citado el 12 de 04 de 2016.]

Fuente: Curso de Arduino y robótica: Comunicación Bluetooth [en línea] [Consultado el 06 de mayo de 2015] Disponible en: <https://www.dlabs.co/curso-de-arduino-y-robotica-comunicacion-bluetooth/>

Para la transmisión de datos no es necesario el uso de antenas externas visibles, sino que pueden estar integradas dentro del mismo dispositivo. Este tipo de transmisión se encuentra estandarizado de manera independiente y permite una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps.

Para el uso de redes BlueTooth es necesario que los dispositivos dispongan de un emisor integrado ó agregado para el uso de este tipo de red.

Computadoras de escritorio: un adaptador Bluetooth USB.

Computadoras portátiles: un adaptador Bluetooth USB.

PDA: tiene integrado el emisor Bluetooth.

Celular: tiene integrado el emisor Bluetooth.

## 6. METODOLOGIA

El objetivo principal del proyecto es el control e implementación de un UGV en la celda de manufactura flexible HAS-200 mediante un sistema de visión artificial. El desarrollo de este proyecto se logrará mediante el cumplimiento de una serie de pasos o etapas, las cuales serán fundamentales para la construcción de un prototipo y así lograr el cumplimiento a cabalidad de los objetivos planteados. Estas etapas demarcarán los lineamientos de desarrollo y control para el cumplimiento progresivo de las tareas designadas.

A continuación, se describen cada una de las actividades a realizar para cada etapa a desarrollar del proyecto.

1. Obtención de la información.
  - Búsqueda preliminar de tipos de vehículos no tripulados (UGV).
  - Recolección de tipos de cámaras para el sistema de visión artificial identificando características, tipo de visión y conectividad.
  - Identificación de tipos de conectividad existentes para el envío de señales. (wifi-bluetooth)
2. Análisis de la información
  - Observar y analizar la información recolectada, seleccionando así la más viable para implementar en el proyecto.
3. Redacción y planteamiento del anteproyecto
4. Entrega del anteproyecto
5. Documentación y análisis de información para inicio del proyecto
6. Trabajo de campo
  - Identificación del lugar donde se desarrollará el proyecto.
  - Identificar el proceso de manufactura que tiene el producto.
  - Obtención de medidas área de trabajo.
7. Diseñar un UGV para desplazarse dentro de la celda de manufactura.
  - Identificar las condiciones y restricciones que se tienen para el desarrollo del UGV.
  - Elegir el chasis de acuerdo a las condiciones de trabajo.
  - Seleccionar el sistema de movimiento del UGV
  - Elegir el tipo de comunicación con la cual se controlará el UGV.

8. Implementar un sistema de visión artificial.
  - Realizar superficie de montaje (pista).
  - Definir las condiciones de iluminación del área de trabajo.
  - Seleccionar el proceso de captura de imagen
  - Procesamiento de imagen.
  - Calibración del sistema de visión artificial.
9. Programar la estrategia de control para desplazar el robot a la posición de la caja identificada.
  - Procesamiento de la imagen para identificar la caja.
  - Programación del UGV para que se desplace a la caja identificada.
  - Definir posición o punto de regreso.
10. Construcción del UGV
  - Recopilación de los componentes seleccionados para el desarrollo del UGV y posterior ensamblaje.
  - Calibración de cada componente del UGV.
11. Puesta a punto e implementación del prototipo
  - Puesta a punto del sistema de visión artificial.
  - Puesta a punto del UGV.
  - Puesta a punto del sistema de control.
  - Implementación del prototipo en el área de trabajo.
12. Generar informe de gastos y costos del proyecto
13. Redacción del artículo del proyecto
14. Entrega final
15. Sustentación

\*Esta metodología puede verse modificada a causa de imprevistos durante el desarrollo del proyecto.





## 7. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Las cifras mostradas a continuación son una estimación del presupuesto requerido para el desarrollo del proyecto.

**TABLA 2** PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA FASE	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO (\$)
1	Identificación de la zona de influencia	Consulta de fuentes bibliográficas y de internet	30.000
2	Caracterización del proyecto	Consulta de fuentes en internet	10.000
		Obtención de documentos y especificaciones	20.000
3	Diseño del robot	Consultas, obtención de datos y realización de cálculos con software	15.000
		Utilización de software de diseño mecánico bajo licenciamiento de la UDFJC	15.000
4	Diseño de pista para el robot	Utilización de software de diseño mecánico bajo licenciamiento de la UDFJC	15.000
5	Fabricación del modelo de robot	Selección y compra de partes normalizadas del diseño	250.000
		Accesorios, herramienta y mano de obra	150.000
6	Fabricación del modelo de la pista	Selección y compra de partes normalizadas del diseño	120.000
		Accesorios, herramienta y mano de obra	70.000
7	Pruebas	Selección del lugar de ejecución de las pruebas	100.000
		Adecuación de diferentes montajes para el funcionamiento	100.000
8	Instalación de robot y pista	Adecuación de visión artificial, pista y robot	150.000
9	Otros	Consultorías, asesorías y gastos derivados de la elaboración de documentos	30.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$1.075.000</b>

## **7.1 Estimación de costos.**

- Los costos de fabricación del robot y la pista se harán con base al mercado colombiano, y dado el caso de que haya elementos que se requieran importar se hará un estimación de su costo.
- Este proyecto solo contempla la fabricación de un robot y una pista para la estación de manufactura HAS-200 mediante visión artificial.
- La financiación del proyecto será realizada por los autores, y solo bajo situaciones especiales se recurrirá a buscar financiación por parte de un ente interesado o por la misma Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Visión por computadora. Oscar Maldonado Valles.** [En línea] 05 de 2002. [Citado el: 28 de 04 de 2016.] <http://www.depi.itch.edu.mx/apache/expo/html/ai11/vision.html#page3>
2. <sup>1</sup> Carrasco, B., & Alberto, J. (2015). Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS.
3. Ballesteros, R., Ortega, J. F., Hernández, D., & Moreno, M. A. Estimación del Índice de Área Foliar en cebada mediante el empleo de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT).
4. **Antecedentes Históricos** [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2016] <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r62/r62.htm>
5. Michael Brady and Richard Paul, editors. Robotics Research: The First International Symposium. The MIT Press, Cambridge MA, 1984
6. Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Capítulo 6, Programación y control de procesos. Juan A. Alonso, Santiago Blanco A., Santiago Blanco S., Roberto escribano, Víctor R. González, Santiago Pascual, Amor Rodríguez. Editorial Ra-Ma 2004.
7. **Visión Artificial Un vistazo a la tecnología.** [En línea]. Octubre 2004, [Citado el 28 de 04 de 2016.]
8. PEDRO ROBLES LOPEZ. La Percepción Visual desde el punto de vista del Factor Humano, P 2, 2010
9. Klette, R., Schlüns, K., & Koschan, A. (1998). Computer vision: three-dimensional data from images (Vol. 1). Singapore: Springer.
10. **Visión artificial e interacción sin mandos** [en línea] [Consultado el 28 de abril de 2016] <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>
11. José Francisco Vélez Serrano, Ana Belén Moreno Díaz, Ángel Sánchez Calle, José L. Esteban Sánchez-Marín, Visión por computador T&B editores, 2010.
12. **José Francisco Vélez Serrano.** Visión por computador. [En línea]. 2015, [Citado el 10 de 04 de 2016.]
13. E. Trucco y A. Verri, (1998), Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice Hall.
14. A. Murat Tekalp, (1995), Digital Video Processing, Prentice Hall.
15. F. Torres, J. Pomares, P. Gil, S.T. Puente, R. Aracil - Robots y Sistemas Sensoriales; Ed. Prentice-Hall. 2002.
16. M. A. Cabrera; Modelos Lineales - Apunte de Cátedra para el Capítulo 8 - Modelo de Accionamiento de Juntas. 1990.
17. Bräunl T.; Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems; Ed. Springer-Verlag. 2006.

18. Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Capítulo 6, Programación y control de procesos. Juan A. Alonso, Santiago Blanco A., Santiago Blanco S., Roberto escribano, Víctor R. González, Santiago Pascual, Amor Rodríguez. Editorial Ra-Ma 2004
19. Bräunl T.; Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems; Ed. Springer-Verlag. 2006.
20. “Redes, iniciación y referencia”. Autores: Jesús Sánchez Allende, Joaquín López Lérica. Editorial McGraw-Hill
21. **Bluetooth más que una conexión inalámbrica.** Lourdes Velázquez Pastrana. [En línea]. Octubre 2004, [Citado el 12 de 04 de 2016.]