

# Universidad Nacional de La Matanza

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

## PROGRAMA PROINCE - PROYECTO C153/2014

**Código:** 153/2014

**Desarrollo de métodos de corrección de control de sistemas autónomos basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno.**

**Programa de Investigación:** PROINCE

**Director del Proyecto:** Szklanny, Fernando Ignacio

**Integrantes:** Tantignone, Hugo Raúl. (Codirector)

Molina Vuistaz, Nicolás

Sagarna, Gustavo

Martínez, Alejandro

Nieva, Nahuel O.

[Jaimes Soria, Leandro](#)

Ferreyra Birón, Martín

Ortalda, Federico

**Fecha de inicio:** 01/01/2014

**Fecha de finalización:** 31/12/2015

### **Resumen del proyecto:**

El presente informe final hace referencia a la investigación y el desarrollo de métodos de corrección de control de sistemas autónomos basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno, aplicado a un autómata de seis grados de libertad, mediante la utilización de cámaras de alta velocidad, acelerómetros y giróscopos, llevados a cabo durante los años 2014 y 2015 en el ámbito del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza.

Con formato: Arriba: 2 cm

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Neg

Con formato: Normal

Con formato: Fuente: 12 pto

La investigación se centra en el desarrollo de un autómeta programable con asistencia visual como aspecto fundamental para su control, orientado a tareas de ensamblaje de tiempo real y adaptable a las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

La investigación se dividió en tres módulos. El primer módulo se centró en adaptar y mejorar el diseño mecánico del autómeta que se dispone y agregar la electrónica complementaria, con cámaras de alta velocidad y sensores de diferentes tipos.

En el segundo módulo se procedió con la investigación y desarrollo de los algoritmos de procesamiento digital de imágenes y variables de entorno, su aplicación al control del autómeta, elaboración de modelos y simulación utilizando un software comercial, la adaptación los algoritmos existentes de posicionamiento, velocidad, fuerza y trayectoria y su implementación en la manipulación del autómeta programable.

El tercer módulo abarcó el desarrollo del software requerido para cargar una secuencia de comandos que componen una o más tareas a realizar por el autómeta programable.

**PALABRAS CLAVES:** Robot industrial, visión artificial,

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:** Ingeniería de Comunicaciones, electrónica y control

**CÓDIGO DE AREA DE CONOCIMIENTO:** 1800

**DISCIPLINA:** Electrónica / Control

**CÓDIGO DE DISCIPLINA:** 1804/1805

**CAMPO DE APLICACIÓN:** Electrónica / Control

**CÓDIGO DE CAMPO DE APLICACIÓN:** 1804/1805

**OTRAS DEPENDENCIAS DE UNLAM QUE INTERVINIERON EN EL PROYECTO:** Ninguna

**OTRAS INSTITUCIONES INTERVINIENTES EN EL PROYECTO:** Ninguna

## Desarrollo de métodos de corrección de control de sistemas autónomos basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno.

### Resumen del proyecto:

Este informe hace referencia a ~~la investigación y el~~ desarrollo de métodos de corrección de control de sistemas autónomos basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno, aplicados a un autómata de seis grados de libertad, ~~por medio de utilizando~~ cámaras de alta velocidad, acelerómetros y giróscopos.

Con formato: Fuente: 12 pto

La investigación se centra en el desarrollo de un autómata programable con asistencia visual como aspecto fundamental para su control, orientado a tareas de ensamblaje de tiempo real y adaptable a las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

La investigación se dividió en tres módulos. El primero se centró en adaptar y mejorar el diseño mecánico del autómata que se dispone y agregar la electrónica complementaria, con cámaras de alta velocidad y sensores de diferentes tipos.

En el segundo se procedió con la investigación y desarrollo de los algoritmos de procesamiento digital de imágenes y variables de entorno, su aplicación al control del autómata, elaboración de modelos y simulación utilizando un software comercial, la adaptación de los algoritmos existentes de posicionamiento, velocidad, fuerza y trayectoria y su implementación en la manipulación del autómata programable.

El tercer módulo abarcó el desarrollo del software para cargar una secuencia a realizar por el autómata programable.

# PLAN DE INVESTIGACION

## Selección del tema

El proyecto a que se refiere el presente informe final tuvo por objeto básico la investigación del procesamiento de imágenes y variables de entorno, aplicado principalmente al campo de la Robótica, mediante la utilización de cámaras de alta velocidad, acelerómetros y giróscopos. Se planteó la aplicación de esta investigación a los campos de la robótica industrial, así como del control de maquinaria y vehículos eléctricos.

Con formato: Fuente: 12 pto

El proyecto tuvo como objetivo particular el desarrollo de un autómata programable con asistencia visual como aspecto fundamental para su control, orientado a tareas de ensamblaje de tiempo real y adaptable a las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole.

Por consiguiente, el proyecto implicó adquirir conocimientos referidos a procesadores digitales de imágenes, estudios de algoritmos avanzados y desarrollo de nuevos algoritmos. En una etapa previa se estudiaron las tecnologías de procesadores digitales de señales, investigación y el desarrollo de algoritmos para la manipulación del autómata y como una etapa posterior se propuso la investigación y la incorporación de los algoritmos de procesamiento de imágenes para la manipulación del autómata a desarrollar. El proyecto asimismo exigió conocimientos de control y robótica aplicada que los integrantes del grupo de investigación poseen por ser ingenieros electrónicos con orientación en robótica.

El autómata propuesto es un brazo mecánico capaz de moverse articuladamente en seis ejes, es del tipo de "articulación coordinada", llamado así por la semejanza de sus movimientos con los del cuerpo humano. El movimiento del primer eje corresponde con el de la cintura. El segundo eje se corresponde con el movimiento vertical del hombro. El tercer eje corresponde con el giro del codo también en sentido vertical. La combinación del cuarto, quinto y sexto eje produce los movimientos de giro e inclinación de la muñeca. Cada eje posee un servomotor permitiendo movimientos precisos. El extremo del brazo está preparado para la sujeción de herramientas. La programación de los movimientos del autómata se realiza desde una computadora personal mediante un software.

Los autómatas programables se utilizan ampliamente en la industria automotriz. Pero existen numerosos sistemas de producción que no cuentan con autómatas que se adapten a sus necesidades, por lo que se pueden proponer soluciones innovadoras que cubran dichas necesidades. A nivel nacional no existe ningún fabricante de autómatas programables, produciendo un atraso tecnológico con respecto a otros países.

Con el fin de mejorar la productividad de las industrias, la calidad y el costo de fabricación para ganar competitividad a nivel global; se requiere contar con autómatas programables en los procesos de fabricación.

Es un objetivo fundamental del presente proyecto sentar las bases para el desarrollo de futuros autómatas y la incorporación de asistencia visual a los mismos.

## Antecedentes

El proyecto planteado se basó en las dos etapas del proyecto “Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos” desarrollado en el año 2011 (programa CYTMA) y los años 2012-2013 respectivamente (PROINCE, código 129), en el ámbito de la Secretaría de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.

Con formato: Fuente: 12 pto

En la primera etapa se estudiaron los algoritmos básicos existentes de procesamiento de señales y se desarrollaron algoritmos propios. Se desarrolló una placa con un procesador digital de señales (DSP), con el objeto de probar en el laboratorio los algoritmos desarrollados, evaluando limitaciones y rendimientos de los procesadores digitales de señales utilizados. La primera etapa finalizó con el desarrollo de un prototipo que permitiera la levitación de un objeto metálico mediante un campo electromagnético controlado por un procesador digital de señales.

En la segunda etapa, se estudiaron patentes sobre autómatas programables y algoritmos de control para los mismos, se evaluaron reductores, servomotores y motores paso a paso con sus respectivos controladores, posteriormente se desarrolló un autómata que consiste en un brazo mecánico con 6 grados de libertad, para ello se diseñaron los reductores, todas las piezas mecánicas que los componen, que por cuestiones económicas solo se logró montar los tres primeros ejes, se está trabajó en los algoritmos de control de posición y velocidad embebidos sobre un micro controlador ARM, como así también se diseñó un detector de anomalías en sistemas mecánicos mediante la utilización de acelerómetros y sus respectivos algoritmos con la finalidad de incorporarlo en una futura etapa del desarrollo (trabajo presentado en el III Congreso de Microelectrónica Aplicada).

En base a las investigaciones realizadas, en el presente proyecto se buscó el desarrollar nuevos algoritmos, basados en el procesamiento digital de imágenes y variables de entorno tales como la posición, velocidad y aceleración. Además, se planteó la necesidad de mejorar el diseño mecánico del autómata programable y los algoritmos desarrollados, mediante un rediseño cuyo fin fue el de mejorar la precisión, el consumo de energía y el torque máximo de cada eje. De esta manera se amplía el campo de aplicación del autómata para su adaptación a ambientes industriales que requieran de mayor exigencia que la originalmente planteada.

## Objetivos

- Establecer una base de conocimientos para facilitar futuros desarrollos que en lo posible permitan generar patentes para la Universidad.
- Aportar posibilidades de mejoramiento tecnológico a las empresas locales.
- Mejorar el prototipo de autómatas programable utilizando algoritmos de procesamiento digital de imágenes y variables de entorno, apto para trabajar en tareas de precisión.

Con formato: Fuente: 12 pto

## Hipótesis

1. La tecnología actual de los procesadores digitales de señales permite grandes capacidades de cálculo a altas velocidades, lo que hace posible la ejecución de algoritmos complejos necesarios para el control de los autómatas programables.
2. El avance tecnológico a nivel global requiere industrias más eficientes con mayores índices de productividad y calidad haciendo indispensable el uso de autómatas programables.
3. Las inversiones necesarias para la utilización de autómatas están fuera del alcance de muchas empresas e industrias, o bien no se encuentran desarrolladas para todos los niveles de producción industrial.
4. No existe ninguna empresa nacional que desarrolle autómatas para la industria, siendo imprescindible el desarrollo de estas tecnologías a precios accesibles para las empresas e industrias.

Con formato: Fuente: 12 pto

## Estado actual del conocimiento

La aplicación de los sistemas digitales del procesamiento de señales y su aplicación al control de motores de inducción y autómatas programables tiene su origen en la década de 1970, con los primeros desarrollos de procesadores digitales de señales DSP por Intel, AMI y Bell Labs. Las dificultades en cuanto a la capacidad de procesamiento y velocidad para realizar cálculos, hacen que su aplicación se limite a controles de baja complejidad. No obstante, el gran avance tecnológico producido desde ese momento, tanto en la miniaturización de los sistemas digitales, la capacidad de cálculo y su velocidad de procesamiento hacen que se puedan aplicar a controles con algoritmos de alta complejidad.

En cuanto al procesamiento digital de imágenes en la última década ha tomado un gran impulso dado la alta capacidad de los procesadores que posibilitan el desarrollo de sistemas más versátiles y de costo reducido, ejemplificados en el control de procesos realizados por robot industriales, navegación en vehículos autónomos, detección de eventos e inspección de objetos en procesos de manufacturas y en un sin fin de aplicaciones más.

En la actualidad existe una gran cantidad de bibliografía sobre estudios y algoritmos desarrollados para el control de motores de inducción, sistemas de control electromagnéticos, vehículos eléctricos, procesamiento digital de imágenes y autómatas programables con una vasta aplicación en la industria. Sin embargo, existen numerosos sistemas de producción que no cuentan con autómatas que se adapten a sus necesidades de proceso automatizados para un aumento del nivel de producción y calidad, menos aún que utilicen el procesamiento digital de imágenes ya sea por su elevado costo o por la inexistencia en el mercado. Aquí es donde intervienen las propuestas de soluciones innovadoras que cubran dichas necesidades.

Con formato: Fuente: 12 pto

## Marco teórico

El procesamiento digital de señales está caracterizado por un procesador optimizado para realizar operaciones numéricas complejas a altas velocidades y algoritmos ejecutados por dicho procesador para procesar información proveniente de señales analógicas digitalizadas para su procesamiento. Dichas señales analógicas pueden ser variables físicas adquiridas a través de sensores, sonidos capturados por un micrófono o imágenes capturadas por cámaras. El procesamiento digital por medio de los mencionados algoritmos permite eliminar ruidos, filtrar señales no deseadas, identificar patrones, realizar análisis de las señales o ejercer acciones sobre dispositivos a través de actuadores, etc. El procesamiento digital de señales es muy utilizado en innumerables aplicaciones en áreas vinculadas con la acústica, el video digital, la robótica, los vehículos eléctricos, etc. y se encuentra en plena expansión.

El procesamiento digital de señales aplicado al control de sistemas se utiliza para controlar de manera muy precisa motores eléctricos o dispositivos aplicados al campo de la robótica, control de maquinaria y vehículos eléctricos. Dada la constante evolución año tras año de los procesadores digitales de señales (DSP) y su bajo costo, se pueden implementar algoritmos más complejos y eficientes haciendo que el procesamiento digital de señales sea un campo de estudios en constante evolución e innovación.

Con formato: Fuente: 12 pto



## Metodología

El proyecto de investigación tiene su punto de partida de la segunda etapa del proyecto de investigación "Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos" en el que se desarrolló un autómata programable y sus respectivos algoritmos de control. En consecuencia se parte de un conocimiento previo para comenzar la investigación y el desarrollo del proyecto.

Con formato: Fuente: 12 pto

Inicialmente, el planteo de la investigación a llevar a cabo se dividió en tres módulos:

### **Modulo I: Mejora del sistema mecánico - eléctrico ya existente**

Esta etapa se caracteriza en adaptar y mejorar el diseño mecánico del autómata que se dispone y agregar la electrónica complementaria con cámaras de alta velocidad y sensores de diferentes tipos a fin de disponer del sistema completo para su control.

#### **Tareas**

- Rediseño de partes mecánicas y reductores, a fin de mejorar oscilaciones y perturbaciones observadas en el primer prototipo.
- Contratar servicios para evaluar el diseño mecánico y su factibilidad.
- Contratar servicios de fabricación de la estructura mecánica.
- Desarrollar nuevos controladores de servomotores para reemplazar los motores paso a paso por servomotores, a fin de mejorar el torque, velocidad de autómata y el consumo de energía.
- Ensayos de los servomecanismos a usar en cada eje y los controladores requeridos para su control.
- Desarrollo y montaje de la electrónica adicional para incorporar los diversos sensores a utilizar y las cámaras de alta velocidad.
- Desarrollo del modelo matemático del sistema.
- Ajuste de los algoritmos ya desarrollados.
- Ensayo del sistema completo.
- Documentación.

### **Módulo II: Investigación y desarrollo de los algoritmos de control a implementar sobre el autómata programable.**

En esta segunda etapa se procede con la investigación y desarrollo de los algoritmos de procesamiento digital de imágenes y variables de entono, aplicado al control del autómata, elaboración de modelos y simulación utilizando un software comercial para tal fin y finalmente adaptar los algoritmos existentes de posicionamiento, velocidad, fuerza y trayectoria a ser utilizados para la manipulación del autómata programable.

#### **Tareas**

- Estudios de algoritmos y métodos básicos existentes del procesamiento digital de imágenes.
- Desarrollo y simulación de algoritmos básicos de procesamiento digital de imágenes.
- Estudios de algoritmos y avanzados métodos existentes del procesamiento digital de imágenes.
- Desarrollo y simulación de algoritmos avanzados de procesamiento digital de imágenes.
- Pruebas experimentales con las cámaras de alta velocidad.

- Desarrollo y simulación de algoritmos basados en el procesamiento digital de imágenes para el control del autómata.
- Ensayos y correcciones de los algoritmos desarrollados.
- Investigación y desarrollo de algoritmos para incorporar la mediciones de velocidad y aceleración a los algoritmos de control del autómata.
- Ensayos y correcciones de los algoritmos desarrollados.
- Documentación.

### **Módulo III: Desarrollo del software a implementar e integración de todo el sistema.**

En esta última etapa se desarrolla el software para cargar una secuencia de comandos que componen una o más tareas a realizar por el autómata programable.

#### **Tareas**

- Desarrollo del software para interactuar con el hardware desarrollado.
- Pruebas de comandos de movimientos sobre el autómata programable.
- Ensayos de los módulos de control.
- Pruebas integrales de movimientos con trayectorias básicas.
- Diseño de una rutina de trabajo.
- Ensayos y correcciones.
- Documentación

## Resultados obtenidos:

### 1. Resultados en cuanto a la producción de conocimiento:

El desarrollo de un autómata programable permitió la ampliación de los conocimientos adquiridos por parte de los integrantes del grupo de investigación en lo que hace a la tecnología del procesamiento digital de señales aplicado al control de sistemas control aplicado a la robótica y métodos de corrección de control de sistemas autónomos basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno.

Con formato: Fuente: 12 pto

### 2. Resultados en cuanto a la formación de recursos humanos:

El grupo de alumnos involucrados en el proyecto pudo capacitarse en conocimientos afines a su formación académica. Asimismo, los profesionales investigadores intervinientes ampliaron sus conocimientos previos debido a la gran tarea de investigación, análisis de textos, planteo de alternativas y definiciones que tuvieron que realizar para llevar el proyecto a buen fin.

Con formato: Fuente: 12 pto

### 3. Resultados en cuanto a la difusión de resultados:

Mediantes los trabajos de investigación se expusieron los diferentes logros en cuanto a la investigación del autómata, y se captó el interés de la comunidad académica.

Con formato: Fuente: 12 pto

Podemos destacar la participación de los integrantes del grupo de investigación en la Jornada de la red Vitec 2015, en la cual los asistentes a la misma pudieron ver el prototipo de laboratorio en funcionamiento.

Con formato: Sangría: Izquierda: 1.25 cm

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: Español (alfabeto internacional)

## Posibilidades de transferencia de resultados:

Institución / organismo	Resultados a transferir
Empresas de manufactura	Incorporación de autómatas a sus procesos de fabricación.
Universidad – Estudiantes y Docentes	Conocimiento sobre procesamiento digital de señales aplicado al control de autómatas y métodos de corrección de control basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno.

# INFORME TÉCNICO ACADÉMICO ACTIVIDADES DESARROLLADAS 2014-2015

## Introducción y antecedentes.

En el presente informe se detallan los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación llevado a cabo durante el período que abarcó los años 2014 y 2015.

Con formato: Fuente: 12 pto

La actividad de investigación vinculada con este proyecto se inició el primero de febrero del 2014, aún con anterioridad a la aprobación del mismo por parte de la universidad y de la evaluación externa a la que debe ser necesariamente sometido el mismo, teniendo como fecha de finalización la del 31 de diciembre del 2015. El ~~trabajo de~~ trabajo de investigación que se describe es la continuidad de una primera y segunda etapa del proyecto "Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos" desarrollado en el año 2011 en el marco del programa CYTMA y los años 2012-2013 respectivamente en el marco del programa PROINCE código 129, en el ámbito de la Secretaría de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.

Al comenzar la actividad no se fijaron pautas respecto al aspecto monetario relacionado con el proyecto, por cuanto a la fecha de iniciación del mismo era sabido que no habría recursos económicos disponibles por parte de la universidad hasta tanto no se completasen las instancias de evaluación y aprobación definitiva del proyecto de acuerdo con las normas establecidas. Por otra parte, la posibilidad planteada en ese momento, de una importante financiación adicional por parte de otros entes de investigación científica, (programa PICTO, organizado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través de su Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica) hizo que el proyecto que se detalla en el presente fuera planteado con un bajo presupuesto, suficiente para resolver solamente algunas partes del mismo.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Sin Cursiva, Español (Argentina)

Con formato: Fuente: 12 pto

En consecuencia se planificaron las actividades de modo de permitir el avance en todos aquellos temas de investigación que no requirieran de montos significativos de dinero o que pudieran ser afrontados por el grupo de investigación a la espera de dicho subsidio adicional aprobación definitiva.

Al respecto, y avanzado ya el año 2014, la Secretaría de Investigación del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas informó que la asignación de fondos definida por la Universidad para la finalización de este proyecto ascendería a la suma de \$ 49.100.-, monto dividido en partes prácticamente iguales entre los dos años de plazo de realización previsto para el proyecto.

Comentario [N1]: No recuerdo cual el monto exacto. Hay que verificarlo.

A fines del mes de junio del año 2014 se acreditó la primera cuota por un monto total de \$29.460.-. Dicho monto no fue suficiente para completar la totalidad de las tareas, quedando pendiente la finalización de las mismas para el siguiente año. Para el año 2015 la segunda cuota recién se acreditó a mediados de ~~noviembre cuando~~ noviembre, cuando ya estaba próxima la fecha de cierre del proyecto según el planteo inicial, y cuando, debido a diversas razones, varias

de ellas ajenas a la actividad del grupo de investigación, se hacía imposible conseguir los presupuestos requeridos para resolver las compras e inversiones a realizar.

Esta situación hizo retrasar la ejecución del proyecto en forma considerable, además de requerir un nuevo análisis y definición del proyecto en base a las condiciones planteadas.

Por consiguiente no se pudo cumplir con el objetivo inicialmente planteado de terminar de construir un prototipo de autómata programable en su totalidad, aunque si se lograron avances importantes en cuanto a la mecánica, electrónica y el procesamiento de algoritmos de control, algoritmos de procesamiento de imágenes, y se logró cumplir con el resto de los objetivos planteados originalmente, entre los que se mencionaba la intención de establecer una base de conocimientos para facilitar futuros desarrollos que en lo posible permitan generar patentes para la Universidad, y el de aportar posibilidades de mejoramiento tecnológico a las empresas locales, a través de los trabajos de investigación publicados.

[Estos logros y algunos de los resultados y conclusiones se describen en apartados posteriores del presente informe final.](#)

Con formato: Fuente: 12 pto

[Como se menciona más adelante, los logros-objetivos](#) alcanzados abren nuevas posibilidades de investigación, como el estudio de nuevos algoritmos para el control del autómata con un sistema de asistencia visual, el desarrollo de algoritmos que permitan mejorar la precisión del sistema en base a diferentes lecturas de sensores, así como la mejora en el diseño de piezas mecánicas y la electrónica de control de los diferentes sistemas.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

## Conformación del grupo de investigación.

Durante los primeros meses del proyecto surgieron cambios en la conformación del grupo de investigación en virtud de otros proyectos que fueron asignados por las autoridades de la Universidad y del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Con formato: Fuente: 12 pto

En consecuencia los Sres. Carlos Eduardo Maidana, Elio Augusto. A. De María, Roberto Di Lorenzo, Carlos Alberto Rodríguez y Guillermo Pedro Beneitez, originalmente incluidos en el listado de integrantes del grupo de investigación dedicado a este proyecto, no tuvieron una participación activa en el proyecto dado que estuvieron abocados a otros.

En lo que hace al Ing. Andrés Mauro, el mismo renunció a sus cargos en la Universidad a fines del año 2014, sin lograrse un reemplazo para incorporar al grupo de investigación.

Por otra parte, y en vista de las tareas previstas, fueron incorporados al grupo de investigación los alumnos Federico Ortalda y Martín Ferreyra Birón ambos de la carrera de informática.

A principios del año 2015, el Sr. Leandro Jaimes Soria, luego de graduarse deja de formar parte del grupo de investigación dados sus compromisos laborales profesionales.

Todas estas situaciones obligaron a replantear los cronogramas y las actividades de acuerdo con lo que se detalla en el apartado correspondiente.

## Actividad desarrollada.

Se ha mencionado ya que el objetivo tuvo como objetivo la investigación y el desarrollo de métodos de corrección de control de sistemas autónomos, basados en el procesamiento de imágenes y variables de entorno, aplicado principalmente al campo de la Robótica, control de maquinaria y vehículos eléctricos, mediante la utilización de cámaras de alta velocidad, acelerómetros y giróscopos. El desarrollo de esta tecnología es fundamental para mejorar la productividad y calidad de producción que hoy requieren las industrias locales para no perder competitividad a nivel global.

Con formato: Fuente: 12 pto

La investigación se centró en el desarrollo de un autómata programable con asistencia visual como aspecto fundamental para su control, orientado a tareas de ensamblaje de tiempo real y adaptable a las necesidades de fabricación industrial de cualquier índole. El ~~autómata desarrollado~~ autómata desarrollado es un brazo robótico con seis grados de libertad, y reconoce como antecedente el proyecto previo llevado a cabo por este mismo grupo de investigación durante el período 2012-2013.

Es importante volver a hacer notar que el retraso de los aportes monetarios previstos por la convocatoria PROINCE, en especial los correspondientes al año 2015, impactó en el desarrollo del proyecto y obligó a replantear los objetivos planteados en un principio.

A pesar de esta situación, el proyecto pudo avanzar razonablemente acorde con lo planteado en los cronogramas ~~originales~~ replanteados. Al respecto se detalla a continuación el conjunto de tareas planteadas para la concreción del proyecto, tal como se las resumió en la presentación original:

El desarrollo de proyecto se previó en dos etapas de un año de duración cada una. La primera etapa estaba centrada en adaptar y mejorar el diseño mecánico del autómata que se dispone y La segunda etapa correspondía originalmente a la investigación y desarrollo de los algoritmos de procesamiento digital de imágenes y variables de entorno, para finalmente aplicarlos al autómata.

A continuación se detallan las tareas asignadas para cada año:

### **Etapas I: Primer año**

- 1.1. Rediseño de partes mecánicas y reductores, a fin de mejorar oscilaciones y perturbaciones observadas en el primer prototipo.
- 1.2. Contratar servicios para evaluar el diseño mecánico y su factibilidad.
- 1.3. Contratar servicios de fabricación de la estructura mecánica.
- 1.4. Desarrollar nuevos controladores de servomotores para reemplazar los motores paso a paso por servomotores, a fin de mejorar el torque, velocidad de autómata y el consumo de energía.
- 1.5. Ensayos de los servomecanismos a usar en cada eje y los controladores requeridos para su control.
- 1.6. Desarrollo y montaje de la electrónica adicional para incorporar los diversos sensores a utilizar y las cámaras de alta velocidad.
- 1.7. Desarrollo del modelo matemático del sistema.
- 1.8. Ajuste de los algoritmos ya desarrollados.



- 1.9. Ensayo del sistema completo.
- 1.10. Estudios de algoritmos y métodos básicos existentes del procesamiento digital de imágenes.
- 1.11. Desarrollo y simulación de algoritmos básicos de procesamiento digital de imágenes.
- 1.12. Documentación.

## Etapa II: Segundo año

Con formato: Fuente: 12 pto

- 2.1. Estudios de algoritmos y métodos avanzados existentes del procesamiento digital de imágenes.
- 2.2. Desarrollo y simulación de algoritmos avanzados de procesamiento digital de imágenes.
- 2.3. Pruebas experimentales con las cámaras de alta velocidad.
- 2.4. Desarrollo y simulación de algoritmos basados en el procesamiento digital de imágenes para el control del autómata.
- 2.5. Ensayos y correcciones de los algoritmos desarrollados.
- 2.6. Investigación y desarrollo de algoritmos para incorporar la mediciones de velocidad y aceleración a los algoritmos de control del autómata.
- 2.7. Ensayos y correcciones de los algoritmos desarrollados.
- 2.8. Documentación.
- 2.9. Desarrollo del software para interactuar con el hardware desarrollado.
- 2.10. Pruebas de comandos de movimientos sobre el autómata programable.
- 2.11. Ensayos de los módulos de control.
- 2.12. Pruebas integrales de movimientos con trayectorias básicas.
- 2.13. Diseño de una rutina de trabajo.
- 2.14. Ensayos y correcciones.
- 2.15. Documentación final del proyecto.

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Durante el primer año el ~~equipo-grupo de investigación se avocó~~ equipo-grupo de investigación se avocó ~~dedicó sus esfuerzos~~ al rediseño del autómata desarrollado en el proyecto antecesor, "Procesamiento digital de señales y su aplicación al control en sistemas electromagnéticos", C 129, desarrollado durante los años 2012-2013. El mencionado proyecto permitió construir el antebrazo del autómata y tres reductores.

Este resultado previo, llevó a la necesidad de rediseñar en esta etapa las partes mecánicas y reductores, en base a la experiencia previamente adquirida. La misma permitió la realización previa de simulaciones de las diferentes piezas para poder completar la construcción de las mismas.

En base a los resultados obtenidos en las simulaciones, se procedió al rediseño y ajuste de los reductores correspondientes a los ejes 4 y 5 ~~El Ing. Gustavo Sagarna, en base a los resultados~~

~~obtenidos previamente, procedió a la realización de ajustes de los reductores y las partes mecánicas que componen el antebrazo del autómatas.~~

~~En tal sentido, el Ing. Sagarna procedió a la puesta en marcha y prueba de funcionamiento de los reductores de velocidad correspondientes a los ejes 4 y 5 del autómatas programable objeto del presente.~~

~~Una vez llevados a cabo los ajustes de estos reductores, procedió a un rediseño de los mismos, que permitió reducir su peso en un 40% y su tamaño en un 30%, optimizando el rendimiento del sistema.~~

Asimismo, procedió a desarrollar una nueva versión del reductor correspondiente al sexto eje del robot, logrando también acá disminuir tamaño y peso. Se reemplazó, en este esquema, la versión original basado en una estructura cicloidal, por una estructura planetaria, reemplazo provocado en gran parte por las limitaciones tecnológicas de los proveedores externos a los que debimos acudir para la producción de las mencionadas piezas.

~~Una vez finalizada la construcción del antebrazo se continuo con el. El Ing. Sagarna, asimismo, llevó a cabo el cálculo y diseño de los reductores correspondientes a los ejes 1, 2 y 3 del robot, basados asimismo en un sistema planetario, y buscando reducir la cantidad de partes a fabricar para la estructura del sistema.~~

Como ya se ha dicho, los fondos correspondientes al segundo año del proyecto se acreditaron casi a fin de año. La situación económica del país en ese momento, con un cambio de gobierno ya conocido y con la expectativa de cambios en la política económica, hizo imposible lograr cotizaciones o compromisos por parte de los proveedores, lo que impidió a su vez finalizar la construcción del autómatas, del que quedaron pendientes los ejes 1, 2 y 3. [Por otra parte, tampoco se concretó el subsidio adicional del programa PICTO, el que a la fecha de elaboración de este informe sigue pendiente de resolución.](#)

## Replanteo del proyecto inicial

Con formato: GILP - Título 1

Previsora, y ante la demora en la acreditación de los fondos [requeridos](#), se tomó la decisión de construir un modelo a pequeña escala del autómatas desarrollado, con la finalidad de poder realizar pruebas de los algoritmos que fueron desarrollados. Dicho autómatas se construyó en base a servomotores y su control se realizó en base a una placa Discovery, que posee un microcontrolador de 32 bit ARM Cortex M4 de la firma ST Microelectrónica.

Con formato: Fuente: 12 pto

La decisión mostró ser acertada, ya que el mencionado modelo permitió el análisis, la prueba y la puesta a punto de dichos algoritmos, con miras a su futura inclusión en el modelo original, si se logra continuar con el desarrollo del mismo.

~~En cuanto a la electrónica dedicada al control de los periféricos del autómatas, se avanzó con el desarrollo de~~

~~Por otra parte, los alumnos integrantes del grupo desarrollaron un controlador lógico programable basado en [un el mencionado](#) procesador ARM Cortex M4 [de alta prestaciones](#), con la finalidad de centralizar el comando de los controladores de los motores paso a paso [y/o servomotores](#) de cada eje del autómatas, recibir e interpretar las señales de los diversos sensores. El trabajo de referencia fue presentado en el Congreso de Microelectrónica llevado a~~

cabo en la ciudad de Córdoba, durante el mes de mayo del año 2015. El trabajo presentado se adjunta como anexo al presente informe.

También se avanzó sobre el desarrollo de un nuevo controlador para motores sincrónicos de imán permiten dado que ofrecen mejores prestaciones, en cuanto a torque, peso, eficiencia y velocidad máxima alcanzada. Para el desarrollo se utilizó la placa de desarrollo DRV8312-69M-KIT de la firma Texas Instruments que posee un microprocesador TMS320F28069M de 32bits. El procesador está desarrollado específicamente para el control de motores y cuenta con bibliotecas, embebidas en el procesador, optimizadas para el control de motores.

Sin embargo por razones presupuestarias, el controlador para motores sincrónicos quedó en fase prototipo. Por el mismo motivo tampoco fue posible el reemplazo de los motores paso a paso por servomotores como se había planificado inicialmente.

Por otra parte, para la unidad controladora (encargada de ejecutar todos los algoritmos del autómeta), se utilizó una placa de desarrollo Beagleboard Black, que posee un procesador AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8 de la firma Texas y una memoria RAM de 512MB DDR3, lo que permite poder correr un sistema operativo como Linux, además de admitir y ofrecer una gran cantidad de periféricos y una gran cantidad de bibliotecas de funciones óptimas para el desarrollo que se requiere.

## Desarrollo de algoritmos de control y procesamiento de imágenes

LA continuación se detalla los trabajos de investigación y desarrollo, llevados a cabo en lo que respecta a los algoritmos de control de autómeta y procesamiento digital de imágenes siguieron su curso de acuerdo con el cronograma de tareas originalmente presentado a consideración de la Universidad. Al poder trabajar con cierta independencia respecto del tema presupuestario y financiero, las actividades llevadas a cabo en esta área del proyecto pudieron encaminarse adecuadamente, a pesar de algunos tropiezos en los resultados obtenidos, los que motivaron cambios de criterio y de enfoque en la solución del problema planteado.

**~~ME PARECE QUE ACÁ HABRÍA QUE REORDENAR LAS IDEAS.... VEO UN PCOO DE MEZCLA DE COSAS....~~**

~~En este punto, si bien se contaba con toda la electrónica necesaria para controlar el autómeta programable, todos los sensores necesarios, los motores paso a paso para cada eje con sus respectivos controladores, un controlador lógico programable (encargado de centralizar el control de los motores y adquirir las señales de los diferentes sensores) y la unidad controladora, al no disponer de toda la mecánica completa del autómeta, no se pudo finalizar el desarrollo del autómeta.~~

Durante el año 2014 En la primera etapa del proyecto, que se llevó adelante durante el año 2014, se desarrollaron los algoritmos de control de posición y velocidad, y se planteó el primer modelo de control del autómeta, a fin de poder adaptarlo mediante la incorporación de algoritmos de procesamiento de imágenes previstas para la segunda etapa. La utilización de

Con formato: Fuente: 18 pto

Con formato: GILP - Titulo 1

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Espacio Después: 0

Con formato: Espacio Después: 0

Con formato: Fuente: 12 pto

software comercial de aplicación (MATLAB en este caso puntual) permitió realizar las simulaciones de los algoritmos de control de posición y velocidad.

~~También se estudiaroné y desarrollaroné algunos algoritmos básicos para el para el procesamiento digital de imágenes, basados en redes neuronales.~~

~~El estudio de redes neuronales comenzó con la implementación de una red neuronal que permitiera evitar el uso de programas de terceros, los que en su momento no dieron buenos resultados. Por lo queconsiguiente -se procedió a avanzaravanzó, a lo largo del año 20145, primero en la comprensión de los conceptos relacionados con redes neuronales, y luego, en lo que permitió posteriormente la implementación de una red neuronal, así como la programación del algoritmo de entrenamiento de la misma, denominado "Backpropagation", sin obtenerse losbuenos resultados esperados.~~

~~Los resultados comentadosLas conclusiones obtenidas en el análisis-en el párrafo anterior, permitieroné avanzar sobre otro tipo de red neuronal, bastante particular, llamada Neocognitrón, la que-La, en un primer análisis, había sido -misma fue- descartada en un principio por su complejidad. No obstante, al descubrir y comprender algunas propiedades de la mencionada red, se logra el citado comienzavanzar paulatinamente con la programación de los objetos de su estructura (células, planos y niveles).~~

~~Como resultado de esta investigación, se logra hacerobtuvo una funcionar una versión muy simplificada del Neocognitrón en funcionamiento.~~

~~En la segunda etapa, iniciada a comienzos del año 2015, los responsables del tema comenzaron se empezó a trabajar en el desarrollo-~~

~~Por otra parte, para la unidad controladora se utilizó una placa de desarrollo Beagleboard Black, y un software de código abierto (Orocós); se avanzó sobre las bibliotecas de control, la cinemática y dinámica del autómatas correspondiente al proyecto de código abierto Orocós, y su implementación sobre la maqueta del autómatas.~~

~~CALCULO QUE ESTO QUE VIENE DESPUES ES PARTE DEL INFORME DE GUSTAVO.... HABRIA QUE ADECUARLO Y ACOMODARLO..... Y UNA VEZ HECHO ESO SACARLE EL RESALTADO....~~

~~En cuanto al desarrollo de los algoritmos y métodos básicos existentes del procesamiento digital de imágenes durante el primer año se avanzó sobre distintos algoritmos basados en redes neuronales, con el fin de reconocer patrones de imágenes. En particular se trabajó sobre algoritmos basados en el Neocognitrón. La idea original fue descartada en un principio por su complejidad. No obstante, al descubrir y comprender algunas propiedades de la mencionada red, el citado comienzo paulatinamente con la programación de los objetos de su estructura (células, planos y niveles).~~

~~En la segunda etapa ...~~

~~En el segundo periodo uní esfuerzos con el alumno Martín F. Biron involucrándonos en el desarrollo de algoritmos de visión por computadora a través de la utilización de las bibliotecas de Open CV y su aplicación al control del autómatas.~~

~~para el proyecto de brazo robot. Comencé leyendo y profundizándome sobre el tema, primeramente basándome en estudios previos realizados por el Sr. Martín y luego complementándolos con información de tutoriales, papers, artículos publicados en internet y libros dedicados.~~

Con formato: Fuente: 12 pto, Español (Argentina)

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Resaltar

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Resaltar

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

Con formato: Glip - Normal, Izquierda, Sangría: Primera línea: 0

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

Como primera ~~tarea se desarrollaron~~ algoritmos básicos, con el propósito de ~~a fin de~~ ~~objetivo~~ ~~nos planteamos la idea de~~ reconocer un objeto simple en un ambiente "controlado" (llamase controlado aquel escenario planteado para el objeto en cuestión). ~~Comenzamos utilizando~~ ~~varios~~ ~~Para tal fin se utilizaron~~ algoritmos para la detección de puntos de interés de un objeto determinado tales como ORB, SIFT, SURF, FAST y otros.

Con formato

Con formato: Espacio Después: 0 pto, Interlineado: sencillo

~~Llegando~~ ~~Se llegó~~, como primera ~~a la primer~~ conclusión, que ~~era conveniente la utilización del~~ algoritmo SURF (Speeded Up Robust Feature), un algoritmo que a partir de una serie de filtros e inteligencia artificial detecta "puntos de interés" en una imagen, puntos que en teoría pueden ser detectados incluso si la imagen se deforma en tamaño rotación o perspectiva. ~~Este algoritmo se utilizó~~ para detectar en un principio una imagen plana, luego un cubo en una animación y por ~~último~~ comenzar las pruebas en un ambiente real.

Con formato

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Si bien la detección de una imagen funcionó con relativo éxito, después de optimizar parte del código para permitir su correcta utilización en el entorno de trabajo requerido, ~~se observó que~~ la manera correcta de detectar objetos como se ~~desea~~ requiere en este tipo de proyecto, ~~no era la que se podía obtener~~ utilizando SURF (o algún algoritmo basado en la detección de "puntos de interés" como SIFT, ORB, etc), debido a que, entre otras cosas, estos algoritmos ~~no permiten~~ ~~siendo uno de los motivos principales no poder~~ detectar elementos que no tengan texturas (esto se debe a que las texturas ofrecen información adicional).

Con formato

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Continuando la investigación se ~~tomató~~ como punto de partida el trabajo mencionado como [27], "Dominant orientation templates for real-time detection of texture-less objects" de Stefan Hinterstoisser, Vincent Lepetit, Slobodan Ilic, Pascal Fua y Nassir Navab en el cual ~~se plantea~~ que a partir de un mapa de gradientes de varias imágenes del objeto a detectar en distintas posiciones y rotaciones ("template") y de un mapa de gradientes dominantes de la imagen en la cual ~~deseamos~~ ~~desea~~ encontrar el objeto en cuestión (escena), se buscarán los gradientes semejantes en la escena y en el template.

Con formato

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Este algoritmo no se encuentra programado en OpenCv, biblioteca que se desea utilizar para programar la visión del brazo robot, por lo que se realizó la programación del algoritmo anteriormente mencionado, llegando casi a la culminación de la detección correcta de gradientes ~~tal como se plantea en la mencionada referenciala misma~~.

Con formato: Sangría: Primera línea 0 cm, Espacio Después: 0 pto, Interlineado: sencillo

Con formato

~~es el que mejor ajusta a nuestra necesidad ya que es un detector-descriptor predecesor de SIFT de alto rendimiento de puntos de interés en una imagen u objeto, y de mayor rapidez y precisión que muchos de los demás estudiados. Comenzamos con una imagen plana, pasando por la simulación de un objeto tridimensional simple y por ultimo comenzamos pruebas en un ambiente real. También fueron estudiados una variedad de filtros, utilizados para generar distintas imágenes que fuesen óptimas para los diferentes algoritmos detectores.~~

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

~~Por ultimo~~ ~~último~~ ~~Posteriormente~~, me involucre ~~en~~ ~~se~~ ~~procedió~~ a desarrollar algoritmos para la medición de distancia a través de la visión estereoscópica artificial, ~~que~~ ~~consistentes~~ en el procesamiento de dos imágenes obtenidas mediante dos cámaras, idealmente, de ~~iguales~~ características ~~iguales~~, a partir de una escena tridimensional. Ambas cámaras están desplazadas una distancia conocida tal cual ocurre con nuestros ojos. Básicamente, se ~~buscan~~ en ambas imágenes aquellos pixeles que se corresponden con el mismo objeto físico dentro de la escena 3D ~~de~~ usando diferentes algoritmos. La distancia ~~la cual~~ ~~están~~ separados a dichos pixeles se ~~las conoce~~ ~~comod~~ ~~denomina~~ disparidad, ~~la~~ ~~medida~~ de dicha disparidad ~~nos sirve~~ ~~servirá~~ para

Con formato

obtener la distancia en a la cual está situado o físicamente el objeto estudiado, dentro de la escena respecto a las dos cámaras.

Por último se puede concluir que, si bien se lograron importantes avances en el campo del procesamiento digital de imágenes, el tiempo dedicado a la investigación de cada una de las alternativas planteadas, el análisis de las causas que producían resultados inadecuados, y la falta de ~~pero por cuestiones de tiempo y de recursos~~ que permitieran utilizar un tipo de cámara de mejor calidad que las que se seleccionaron, impidieron la incorporación de ~~no se logró incorporar~~ los algoritmos de visión al control del autómeta, durante el lapso de duración del proyecto.

Sin embargo como ya se mencionó, los logros alcanzados abren nuevas posibilidades de investigación, como el estudio de nuevos algoritmos para el control del autómeta con un sistema de asistencia visual, el desarrollo de algoritmos que permitan mejorar la precisión del sistema en base a diferentes lecturas de sensores, así como la mejora en el diseño de piezas mecánicas y la electrónica de control de los diferentes sistemas.

Seguimos estudiando los temas anteriormente comentados primero, porque poseen un amplio contenido teórico, y segundo porque nos serán de gran utilidad para futuros proyectos de investigación, por su gran cantidad de aplicaciones tanto en la industria como en el área de ciencia y tecnología.

## Maqueta Brazo Robot

De acuerdo con lo mencionado en apartados anteriores, ante la imposibilidad de completar la construcción del brazo robot original, se decidió implementar una maqueta a escala.

La maqueta que se muestra fue diseñada y construida con la idea de poder aplicar y verificar el software de control y de visión por computadora desarrollado para el robot objeto del proyecto de investigación. Esta construido con láminas de aluminio de 2mm de espesor, engranajes de nylon o teflón y servomotores de los que se utilizan normalmente en los modelos RC.

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

**Con formato:** Sin Resaltar

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Sin Resaltar

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), Negrita, Color de fuente: Automático, Diseño: Claro

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

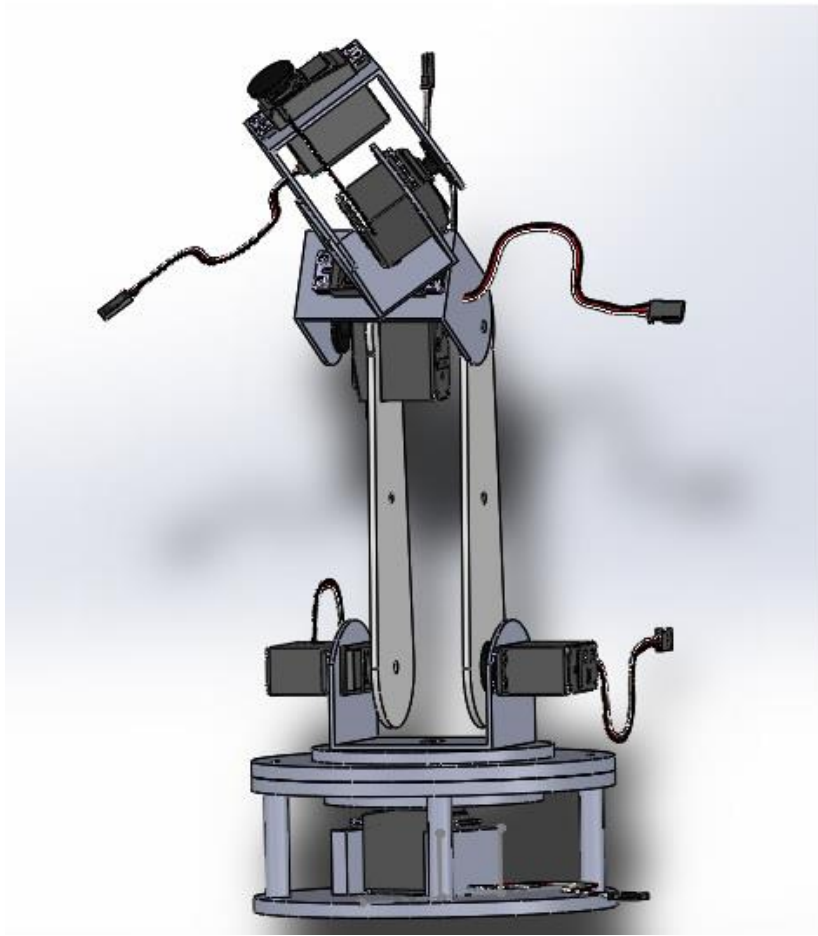
**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Con formato:** Fuente: 12 pto



Se realizó el diseño de las diversas partes en Solidworks, siendo el resultado de varias pruebas y modelos previos. La maqueta contempla los seis grados de libertad del robot original, las articulaciones están diseñadas a través del uso de servo motores utilizados en aeromodelismo de torque tal que puedan generar los movimientos de los diferentes grados de libertad. Los mismos son:

- Un servo motor para la base giratoria
- Dos servo motores en el "hombro"
- Un servo motor en el "codo"
- Un servo motor en la "muñeca", uno para mover de arriba a abajo y otro para la rotación de izquierda a derecha.

Con formato: Glip - Normal, Izquier

Con formato: Fuente: 11 pto, Colo  
de fuente: Automático

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 11 pto, Colo  
de fuente: Automático

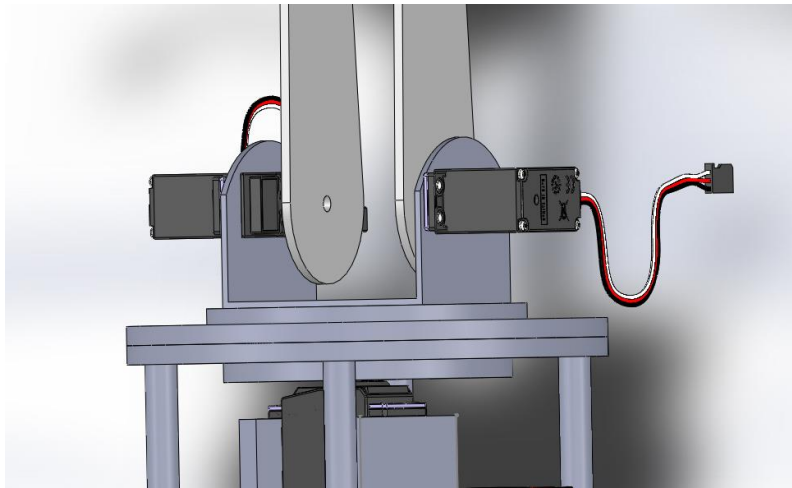
Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

La longitud de la sección que va entre el codo y la muñeca es casi igual a la longitud de la "mano", lo que permite un buen balance, y para ayudarlo se ha colocado un segundo servo motor en la base del "hombro", que sirve para compensar el torque requerido en el momento en que el brazo está en su punto máximo de elongación, horizontal a la plataforma. En ese instante el "Hombro" recibe la carga del peso de todo el brazo, por lo que resulta necesario compensar dicho estado para obtener un movimiento suave y dinámico. En cuanto a la mecánica implementada, quedó pendiente el uso de rodamientos y bujes en las uniones entre articulaciones, las que favorecerían el rozamiento entre ellas, generando movimientos óptimos para este tipo de estructura.



El brazo se controla por medio de una placa comercial St STM32F4 Discovery, la que se encarga de realizar la lógica de control para el movimiento de todos los servos. Además permite entablar una comunicación con una pc vía una interfaz RS232, para así poder preestablecer posiciones específicas para los diferentes ejes en cuestión.

Los servos utilizados son de alto torque con un movimiento angular de entre 0 y 180 grados, y, en base a la necesidad, pueden en algunos casos llegar hasta los 210 grados.

**Con formato:** Fuente: 12 pto, Inglés (Estados Unidos)

**Con formato:** Justificado, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 0 pto



## Bibliografía utilizada:

### Libros:

[1] Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB (Springer Tracts in Advanced Robotics). Peter I. Corke (Nov 3, 2011) ISBN-13: 978-3642201431, -Springer.

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibr), 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

[2] Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series). Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson and George A. Kantor (May 20, 2005) ISBN-13: 978-0262033275, Mit Pr.

[3] Introduction to Robotics: Mechanics and Control (3rd Edition). John J. Craig (Aug 6, 2004) ISBN-13: 978-0201543612, Prentice Hall.

[4] Robot Modeling and Control. Mark W. Spong (Nov 18, 2005) ISBN-13: 978-0471649908, John Wiley & Sons.

[5] Professional Microsoft Robotics Developer Studio (Wrox Programmer to Programmer). Kyle Johns (May 19, 2008) ISBN-13: 978-0470141076, Wrox.

[6] Springer Handbook of Robotics. Bruno Siciliano and Oussama Khatib (Jun 27, 2008) ISBN-13: 978-3540239574, Springer.

[7] Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems. (tercera edición), Thomas Bräunl (Oct 24, 2008) ISBN-13: 978-3540705338, Springer.

Con formato: Fuente: 12 pto

[8] Experimental Robotics: The 10th International Symposium on Experimental Robotics (Springer Tracts in Advanced Robotics).Oussama Khatib, Vijay Kumar and Daniela Rus (Dec 1, 2010) ISBN-13: 978-3642096105, Springer.

[9] Handbook of Industrial Robotics, 2nd Edition. Shimon Y. Nof (Feb 16, 1999) ISBN-13: 978-0471177838, John Wiley & Sons.

[10] Industrial Robotics: How to Implement the Right System for Your Plant. Andrew Glaser (Aug 1, 2008.) ISBN-13: 978-0831133580, Industrial Pr Inc.

[11] IEEE/RSI International Conference on Intelligent Robots and Systems Proceedings -IEEE Robotics & Automation Society (Feb 2001) ISBN-13: 978-0780363496, I.E.E.E.Press (28 de febrero de 2001).

[12] 2006 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (Nov 14, 2008) ISBN-13: 978-1424400256, Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE)

[13] Digital Signal Processing (4th Edition). John G. Proakis, Dimitris K Manolakis (Author) (Apr 7, 2006) ISBN-13: 978-0131873742, Prentice Hall.

[14] Understanding Digital Signal Processing. Richard G. Lyons (Nov 6, 1996) ISBN-13: 978-0201634679, Addison Wesley.

[15] Discrete-Time Signal Processing (3rd Edition). Alan V. Oppenheim (Aug 28, 2009). ISBN-13: 978-0131988422, Addison Wesley Pub Co Inc.

[16] Signal Processing and Linear Systems. B. P. Lathi (Feb 24, 2000) ISBN-13: 978-0195219173, OUP USA.

[17] The DSP Handbook: Algorithms, Applications and Design Techniques. Andrew Bateman (Oct 26, 2002) ISBN-13: 978-0201398519, Prentice Hall.

[18] Real-Time Digital Signal Processing from MATLAB® to C with the TMS320C6x DSPs, Second Edition. Thad B. Welch (Dec 22, 2011) ISBN-13: 978-1439883037, CRC Press.

[19] DSP Filter Cookbook (Electronics Cookbooks). John Lane (Dec 1, 2000) ISBN-13: 978-0790612041, Premier Pr.

[20] Introduction to Mechatronic Design. J. Edward Carryer (Dec 31, 2010) ISBN-13: 978-0131433564, Prentice Hall.

[21] System Dynamics: Modeling and Simulation of Mechatronic Systems. Dean C. Karnopp, Donald L. Margolis and Ronald C. Rosenberg (Jan 3, 2006) ISBN-13: 978-0471709657, John Wiley & Sons, cuarta edición.

[22] Mechatronics & Machine Tools. Hindustan Machine Tools Limited and Hmt Limited (Dec 31, 1998) ISBN-13: 978-0071346344, McGraw Hill Higher Education.

#### Tesis y trabajos adicionales.

[23] Design Optimization in Industrial Robotics - Methods and Algorithms for Drive Train Design. Marcus Pettersson, Department of Management and Engineering, Division of Machine Design, Linköpings universitet SE-581 83 Linköping, Sweden, Linköping 2008.

[24] Identification, Diagnosis, and Control of a Flexible Robot Arm Mans Ostring, Division of Automatic Control, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, SE-581 83 Linköping, Sweden, Linköping 2002.

[25] Dynamic Modeling and Simulation of Robot Manipulators The Newton-Euler Formulation Herman Høifødt, Master of Science in Engineering Cybernetics.

[26] On Kinematic Modelling and Iterative Learning Control of Industrial Robots. Johanna Wallén, Division of Automatic Control, Department of Electrical Engineering, Linköping University, SE-581 83 Linköping, Sweden.

[27] Dominant orientation templates for real-time detection of texture-less objects, Stefan Hinterstoisser, Vincent Lepetit, Slobodan Ilic, Pascal Fua, Nassir Navab, Department of Computer Science, CAMP, Technische Universität München (TUM), Germany - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Computer Vision Laboratory, Switzerland. - IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Justificado, Interlineado: sencillo

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Glip - Normal

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Fuente: +Cuerpo (Calibri), 12 pto, Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita, Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

## Evaluación de la actuación del equipo de investigación.

En este punto, y antes de entrar en el detalle de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo en forma individual, ~~debe~~ debe destacarse la gran capacidad y voluntad de la totalidad de sus integrantes, quienes dedicaron tiempo y esfuerzo, además de su capacidad profesional y académica, a resolver los distintos escollos planteados por el proyecto en cuestión.

Con formato: Fuente: 12 pto

Además debe mencionarse que, y en virtud de otros proyectos que fueron asignados por las autoridades de la Universidad y del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, los integrantes del grupo de investigación dedicaron, en muchos casos, más tiempo del que su dedicación formal les requería, sin dejar de lado, por otra parte, sus obligaciones académicas como estudiantes o docentes.

Es por eso que, ~~viéndome en la necesidad de obligado a~~ una evaluación del grupo, no puede ~~se~~ más que plantear se la el trabajo desarrollado por sus integrantes como ampliamente satisfactorio.

El Ing. Nicolás Molina Vuistaz fue el responsable principal de las definiciones ~~del autómata del~~ autómata y la electrónica necesaria a desarrollar, así como también de la definición, simulación, implementación y puesta en marcha de algoritmos de software para las distintas etapas del proyecto.

El Ing. Gustavo Sagarna tuvo a su cargo todo el desarrollo y simulación de los sistemas mecánicos del autómata, así como el contacto con los proveedores y responsables de servicios técnicos contratados. Considerando la formación del Ing. Sagarna, graduado en Electrónica, debe destacarse muy especialmente el trabajo realizado en temas de mecánica y diseño mecánico ajenos a su formación profesional.

También es de importancia hacer notar la actividad del

~~El~~ grupo ~~de alumnos~~ formado por los hoy Ings ~~Sres.~~ Nahuel Nieva, ~~Alejandro~~ Martínez y Leandro Jaimés Soria, que al momento de finalizar el proyecto se encontraban preparando las últimas materias para sus respectivas graduaciones como ingenieros en Electrónica. A pesar de ese objetivo, dedicaron y Leandro Jaimés Soria dedicó sus grandes esfuerzos ~~al~~ al desarrollo de un nuevo controlador para motores sincrónicos de imán ~~permite~~ permanente, y al diseño y armado de toda la electrónica relacionada con el control de la maqueta del autómata. Desarrollaron programas, implementaron sistemas sobre placas de desarrollo, y complementaron muy satisfactoriamente el trabajo de los profesionales investigadores.

~~-También es importante destacar el excelente trabajo de los mencionados Ings. Nahuel Nieva y Alejandro Martínez, en su colaboración con el Ing. Nicolas Molina Vuistaz en el desarrollo del controlador lógico programable mencionado anteriormente, a los sistemas de control de los distintos tipos de motores involucrados en el proyecto, para lo que debieron capacitarse en la teoría de dichos motores, que escapa al alcance de su formación académica. Desarrollaron programas, implementaron sistemas sobre placas de desarrollo, y complementaron muy satisfactoriamente el trabajo de los profesionales investigadores.~~

El becario de investigación, Sr. Martín Ferreyra Birón, dedicó sus esfuerzos al estudio y puesta en marcha de sistemas para el reconocimiento visual, incluyendo, como ya ha quedado dicho,

Con formato: Espacio Después: 0

el desarrollo de una red neuronal a tal efecto. Por otra parte, , como así también ey bajo la supervisión n conjunto conde el Ing. Gustavo Sagarna, el mencionado becario -realizó aron un excelente trabajo en el desarrollo de los algoritmos de detección de imágenes.

El alumno Federico Ortalda, recientemente incorporado, alumno de la carrera de Ingeniería Informática, aportó su formación en dicha especialidad para interpretar y encontrar la aplicaciones de diversos entornos de software orientados a aplicaciones de robótica, tales como los entornos ROS (Robot Operating System - <http://www.ros.org>.) y las bibliotecas Orocos (Open Robot Control Software - <http://www.orocos.org>.), que resultaron las más mencionadas y "avaladas" por la comunidad virtual.

~~Asimismo, y con el objeto de verificar gráficamente el posicionamiento del brazo y de los ejes del robot, el Sr. Ortalda realizó investigaciones sobre la representación gráfica de brazos robóticos a partir de parametrización DH, mediante la herramienta open source MRPT (Mobile Robot Programming Toolkit - <http://www.mrpt.org>). Finalmente, y a partir de la representación de un brazo robótico simple de 3 ejes y su parametrización DH, procedió a construir el modelo del mismo en un entorno compilado con la biblioteca Orocos. El objetivo final es la programación de pruebas que utilizan los mecanismos que incorpora esta herramienta para realizar los cálculos de posicionamiento de los ejes. A su vez, los resultados arrojados por el programa pueden ser verificados con el modelo gráfico hecho en MRPT.~~

La coordinación general del proyecto de investigación estuvo a cargo del Ing. Molina Vuistaz y del Ing. Hugo R. Tantignone, quien colaboró en la búsqueda de documentación y en la supervisión de las distintas tareas planteadas por el cronograma desarrollado, a la vez que aportó ideas para la resolución de algunos problemas de su área de conocimiento.

En todos los casos los integrantes del grupo cumplieron satisfactoriamente con las metas y objetivos iniciales, a pesar de las limitaciones ya mencionadas referidas a la falta de asignación de recursos económicos.

Con formato: Normal, Justificado

Con formato: Fuente de párrafo predeter., Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente de párrafo predeter., Fuente: 12 pto

Con formato: Espacio Después: 0

Con formato: Fuente de párrafo predeter., Fuente: 12 pto

Con formato: Normal, Justificado

Con formato: Fuente: 12 pto

## Transferencias realizadas.

A lo largo de los años 2014/15, se desarrollaron en el país gran cantidad de actividades vinculadas con temas de microelectrónica, sistemas embebidos y control industrial. Fue intención de las autoridades del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, así como de los responsables del grupo de investigación, tener presencia en los distintos eventos realizados, ya fuera como participantes o presentando trabajos afines con la actividad desarrollada, según fuera el caso.

Con formato: Fuente: 12 pto

Se detallan en el presente apartado las actividades realizadas en este sentido por los integrantes del grupo de investigación:

### Quinto Congreso de Microelectrónica Aplicada

En este evento, desarrollado en la ciudad de Córdoba durante el mes de mayo de 2014, el grupo de investigación presentó dos trabajos relacionados con el proyecto que se informa.

Con formato: Fuente: 12 pto

El Ing. Nicolás Molina Vuistaz y el Ing. Fernando I. Szklanny presentaron un trabajo sobre "Adquisición de datos en forma inalámbrica basada en el protocolo MiWi®". El mismo fue presentado en las jornadas de discusión por el Ing. Molina Vuistaz.

Por otra parte, los Sres. Alejandro Martínez, Nahuel Nieva y Leandro Jaimes Soria, juntamente con el Ing. Fernando I. Szklanny, presentaron parte de las conclusiones derivadas de la investigación sobre control de motores que se mencionara anteriormente. El trabajo titulado "Desarrollo de un controlador de motores de pasos para prueba de reductores de aplicación en robótica industrial" fue aceptado para ser presentado como poster en las sesiones de posters correspondientes al congreso mencionado.

Se adjuntan al presente los dos trabajos presentados así como el poster definitivo. (Anexos I y II) Asimismo se acompañan las certificaciones oficiales emitidas por las autoridades del Congreso. (Anexo III).

### Segunda Escuela para la Enseñanza de Sistemas Embebidos

El ~~entonces~~ alumno, ~~hoy~~ Ing. Alejandro Martínez participó como asistente en las actividades llevadas a cabo en Oro Verde, Entre Ríos, en la sede de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos y en la Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional. En los apartados correspondientes se acompañarán los informes generados por el Sr. ~~Martínez luego~~ ~~Martínez luego~~ de las actividades.

Con formato: Fuente: 12 pto

### SASE 2014 – Simposio Argentino de Sistemas Embebidos.

Los Sres. Alejandro Martínez, Nahuel Nieva y Leandro Jaimes Soria, así como el Ing. Nicolás Molina Vuistaz, participaron, como asistentes, en las actividades llevadas a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. En los apartados correspondientes se acompañarán los informes generados por los asistentes luego de las actividades.

Con formato: Fuente: 12 pto

### Seminario Microchip

Los Sres. Alejandro Martínez, Nahuel Nieva y Leandro Jaimes Soria asistieron al "Microchip MASTERS Conference Argentina 2014", llevado a cabo durante el mes de Septiembre en la Universidad Católica Argentina, en la ciudad de Buenos Aires.

Con formato: Fuente: 12 pto

## Jornada de Investigación Interdepartamental UNLAM – Septiembre 2014

Los integrantes del grupo de investigación participaron en su totalidad en la mencionada Jornada, en la que el Ing. Nicolás Molina Vuistaz, en representación del grupo, presentó el informe referido al proyecto de investigación llevado a cabo durante los años 2012 – 2013.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Espacio Después: 0

## Sexto Congreso de Microelectrónica Aplicada

Este evento se llevó a cabo en la Universidad Nacional de La Matanza, organizado y desarrollado íntegramente por el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Con formato: Normal, Justificado, Espacio Después: 6 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Los integrantes del grupo de investigación tuvieron una importante y destacada participación en el mismo, tanto mediante la presentación de trabajos, cuanto mediante el dictado de un curso de capacitación sobre el “Desarrollo Ágil con Tecnología ARM CORTEX-M” a cargo del Ing. Nicolás Molina. El mismo puede encontrarse en el sitio web

Con formato: Fuente: 12 pto

(<http://uea2015.ing.unlam.edu.ar/uea2015/cursos/det-4.jsp>) a cargo del Ing. Nicolás Molina.

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Por su parte, cabe destacar la importante participación del Ing Hugo R. Tantignone como parte del Comité de Coordinación General del Congreso y el Comité de Organización Local.

Con formato: Fuente: 12 pto

En el mismo Congreso, los integrantes del grupo de desarrollo presentaron un trabajo referido a un “Controlador programable de muy bajo Costo”, el que fuera aceptado para el Congreso en su sesión de Posters. Los autores de dicho trabajo fueron

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Donde también se presentó el trabajo “Controlador programable de muy bajo costo” en carácter de poster por los integrantes Ings. Nicolás Molina Vuistaz, Nahuel Nieva, Alejandro Martínez, Gustavo Sagarna, Fernando I. Szklanny.

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto, Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

En este evento, desarrollado en la ciudad de Buenos Aires durante el mes de mayo de 2015, el grupo de investigación

Con formato: Normal, Justificado, Espacio Después: 6 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Títulos (Cambria Negrita, Color de fuente: Énfasis 1

## Jornada sobre Desarrollos en Vinculación Tecnológico Social en la UNLaM – Red Vitec

Con formato: Espacio Después: Automático

Durante los días 14 y 15 de mayo de 2015 se llevó a cabo en la Universidad la XXIII Jornada de Vinculación de la Red Vitec, la que se denominó “JORNADA SOBRE DESARROLLOS EN VINCULACIÓN TECNOLÓGICO-SOCIAL EN LA UNLaM.”

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Los responsables del proyecto de investigación que se refiere participaron de dicha Jornada, asistiendo a las conferencias y mesas redondas, y además, como responsables de la presentación del proyecto involucrado. El documento final generado por la Universidad Nacional de La Matanza forma parte del presente informe como documento anexo. Asimismo se acompaña como anexo el poster de dicha participación, y el documento visual utilizado como apoyo para la presentación del proyecto. Red VITEC

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Espacio Antes: 0 pto Después: 6 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Color de fuente: Automático

## Curso de capacitación ARM Cortex M

Con formato: Fuente: (Predeterminado) +Cuerpo (Calibri), pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Como parte de las actividades de extensión y transferencia durante el 2015, el Ing. Nicolás Molina dictó el curso de capacitación sobre ARM Cortex M (<http://laofi.co/cursos/>), en ~~la~~ Laofi, centro de coworking, con amplia concurrencia de jóvenes emprendedores.

Dicho curso tuvo una alta concurrencia, y un positivo impacto sobre los asistentes, lo que les fue transmitido a los profesionales mencionados por los responsables de la organización del mismo.

Con formato: Fuente: 12 pto

## Documentación referida al desarrollo del proyecto.

En los anexos de este informe se incluye la documentación desarrollada a lo largo del año transcurrido. La misma incluye:

- ~~ANEXO I TRABAJO PRESENTADO EN EL QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Adquisición de datos en forma inalámbrica basada en el protocolo MiWi@.~~
- ~~ANEXO II TRABAJO PRESENTADO EN EL QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Desarrollo de un controlador de motores de pasos para prueba de reductores de aplicación en robótica industrial~~
- ~~ANEXO III CERTIFICADOS QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA.~~
- ~~ANEXO IV CERTIFICADOS DE ASISTENCIA AL SIMPOSIO ARGENTINO DE SISTEMAS EMBEBIDOS 2014~~
- ~~ANEXO V TRABAJO PRESENTADO EN EL SEXTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Controlador programable de muy bajo costo.~~
- ~~ANEXO VI XXIII Reunión plenaria RED VITEC.~~
- ~~ANEXO VII Programador Lógico Programable.~~
- ~~ANEXO VIII CERTIFICADOS QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA.~~
- ~~ANEXO IX Publicación Revista Avances~~
- Anexo I

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Párrafo de lista, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0.6 cm + Sangría: 1.27 cm

Con formato: Fuente: 12 pto



## Informe sobre asignación presupuestaria y utilización de la misma.

Según se ha mencionado en la introducción de este informe técnico, el presupuesto asignado fue de \$ 49.100.-, monto dividido en partes prácticamente iguales entre los dos años de plazo de realización previsto para el proyecto.

**Con formato:** Fuente: 12 pto

**Comentario [N2]:** No recuerdo cual el monto exacto. Hay que verificarlo.

A fines del mes de junio del año 2014 se acreditó la primera cuota por un monto total de \$29.460.-. Dicho monto no fue suficiente para completar la totalidad de las tareas, quedando pendiente la finalización de las mismas para el siguiente año. Para el año 2015, la segunda cuota recién se acreditó a mediados de noviembre, cuando ya estaba próxima la fecha de cierre del proyecto según el planteo inicial, y cuando, debido a diversas razones, varias de ellas ajenas a la actividad del grupo de investigación, se hacía imposible conseguir los presupuestos requeridos para resolver las compras e inversiones a realizar.

Esta situación hizo retrasar la ejecución del proyecto en forma considerable, además de requerir un nuevo análisis y definición del proyecto en base a las condiciones planteadas.

La asignación presupuestaria se replanteó entonces en su ejecución, basando dicho replanteo en el que fuera realizado para la finalización del proyecto. Se adquirieron componentes electrónicos para el armado del controlador lógico programable desarrollado, materiales para la construcción del prototipo de menor tamaño utilizado para las pruebas funcionales, y alguna bibliografía que, debido a las restricciones de importación existentes en aquellos momentos, fueron recibidos a posteriori de la fecha de finalización formal del proyecto. Esta reasignación se justificará oportunamente, en el momento de la rendición de gastos final.

Por consiguiente, si bien no se pudo cumplir con el objetivo ~~inicialmente planteado~~ de terminar de construir ~~un~~ prototipo de autómatas programables en su totalidad y en la forma originalmente planteada, ~~aunque sí~~ se lograron avances importantes en cuanto a la mecánica, electrónica y el procesamiento de algoritmos de control, algoritmos de procesamiento de imágenes, y se logró cumplir con el resto de los objetivos planteados originalmente, entre los que se mencionaba la intención de establecer una base de conocimientos para facilitar futuros desarrollos que en lo posible permitan generar patentes para la Universidad, y el de aportar posibilidades de mejoramiento tecnológico a las empresas locales, a través de los trabajos de investigación publicados.

Según se ha mencionado en la introducción de este informe técnico,

**Con formato:** Español (alfab. internacional)

## Conclusiones.

De todo lo expresado se considera que el desarrollo del proyecto de investigación a que hace referencia el presente informe se pudo llevar a cabo razonablemente de acuerdo con los cronogramas originales, por lo que, desde el punto de vista técnico, puede considerarse que el período 2014 – 2015 termina mostrando resultados más que favorables para la culminación del proyecto.

Con formato: Fuente: 12 pto

Lamentablemente, las contingencias de tipo económico financiero mencionadas han impedido que estos resultados no hayan podido convertirse aún en un producto apto para su implementación comercial.

La posibilidad de completar el proyecto de investigación, para llegar a un producto de aplicación comercial, ha quedado supeditada a la aprobación, por parte de la Universidad, de un proyecto complementario, para el año en curso, que permita la continuación y mejora del proyecto que se informa en el presente.

Al efecto, se prevé una propuesta de continuación del proyecto cuyo informe final se eleva, para lo que se ha preparado la documentación necesaria para que el mismo sea evaluado, dentro del ámbito de la Universidad, Dicho proyecto, planteado como propuesta para el bienio 2016 – 2017.

Si, por otra parte se resolviera el tema pendiente, en el marco del programa PICT-O, se podrá pensar seriamente en la concreción final del autómata planteado para su lanzamiento como un elemento que podría llegar a ser utilizado por otras áreas de la Universidad, o incluso, como un proyecto de transferencia a la comunidad o comercialmente explotable por la misma.

---

:

Por otra parte, no obstante, es también importante destacar que el desarrollo de este proyecto ha permitido la participación de los integrantes del grupo de investigación en varios ámbitos científicos, tales como los Congresos de Microelectrónica Aplicada, y los Simposios de Sistemas Embebidos, en los que la participación de los profesionales y becarios integrantes del grupo fue ampliamente valorada.

~~Por otra parte, es importante destacar que el desarrollo de este proyecto ha permitido la participación de los integrantes del grupo de investigación en varios ámbitos científicos tales como los Congresos de Microelectrónica Aplicada, y los Simposios de Sistemas Embebidos.~~

## Anexos que acompañan al informe final.

En los anexos de este informe se incluye la documentación correspondiente a las actividades desarrolladas a lo largo del período 2014 – 2015 con relación al proyecto que se informa.

La misma incluye:

- [ANEXO I - TRABAJO PRESENTADO EN EL QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Adquisición de datos en forma inalámbrica basada en el protocolo MiWi®.](#)
- [ANEXO II - TRABAJO PRESENTADO EN EL QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Desarrollo de un controlador de motores de pasos para prueba de reductores de aplicación en robótica industrial](#)
- [ANEXO III - CERTIFICADOS QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA.](#)
- [ANEXO IV - CERTIFICADOS DE ASISTENCIA AL SIMPOSIO ARGENTINO DE SISTEMAS EMBEBIDOS 2014](#)
- [ANEXO V - TRABAJO PRESENTADO EN EL SEXTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA. Controlador programable de muy bajo costo.](#)
- [ANEXO VI - XXIII Reunión plenaria RED VITEC.](#)
- [ANEXO VII - Controlador Lógico Programable.](#)
- [ANEXO VIII - CERTIFICADOS QUINTO CONGRESO DE MICROELECTRONICA APLICADA.](#)
- [ANEXO IX - Publicación Revista Avances](#)
- [ANEXO X – Publicación referida a la XXII Jornada de Vinculación Tecnológica – Red Vitec 2015.](#)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Izquierda, Sangría: Izquierda: 1.25 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Izquierda, Sangría: Izquierda: 1.25 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Izquierda, Sangría: Izquierda: 1.25 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Izquierda, Sangría: Izquierda: 1.25 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

**Con formato:** Fuente: +Cuerpo (Calibri)

## ~~LO QUE SIGUE LO RECORTÉ DEL RESUMEN INICIAL.... NO LEISTE LAS CONSIGNAS. 300 PALABRAS EL PRIMER RESUMEN, 200 PALABRAS EL SEGUNDO....~~

~~A lo largo de los dos años de desarrollo del proyecto se plantearon diversos inconvenientes que impidieron la concreción de la totalidad de los objetivos planteados en la propuesta inicial. Estos inconvenientes se detallan a lo largo de la memoria técnica incluida en el presente y motivaron que a lo largo de esos dos años debieran realizarse sucesivos replanteos de los objetivos inicialmente propuestos para el proyecto.~~

~~No obstante, se considera que el desarrollo del proyecto de investigación a que hace referencia el presente informe se pudo llevar a cabo razonablemente de acuerdo con los cronogramas originales, por lo que, desde el punto de vista técnico, puede considerarse que el período 2014–2015 termina mostrando resultados favorables para la culminación del proyecto. El detalle de los logros obtenidos y de los objetivos cumplidos también se desarrolla a lo largo del informe técnico mencionado.~~

### ~~Bibliografía:~~

Con formato: Español (Argentina)

#### ~~Libros:~~

~~[1] Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB (Springer Tracts in Advanced Robotics), Peter I. Corke (Nov 3, 2011) ISBN 13: 978 3642201431, Springer.~~

~~[2] Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series), Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson and George A. Kantor (May 20, 2005) ISBN 13: 978 0262033275, MIT Pr.~~

~~[3] Introduction to Robotics: Mechanics and Control (3rd Edition), John J. Craig (Aug 6, 2004) ISBN 13: 978 0201543612, Prentice Hall.~~

~~[4] Robot Modeling and Control, Mark W. Spong (Nov 18, 2005) ISBN 13: 978 0471649908, John Wiley & Sons.~~

~~[5] Professional Microsoft Robotics Developer Studio (Wrox Programmer to Programmer), Kyle Johns (May 19, 2008) ISBN 13: 978 0470141076, Wrox.~~

~~[6] Springer Handbook of Robotics, Bruno Siciliano and Oussama Khatib (Jun 27, 2008) ISBN 13: 978 3540239574, Springer.~~

~~[7] Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems (tercera edición), Thomas Bräunl (Oct 24, 2008) ISBN 13: 978 3540705338, Springer.~~

~~[8] Experimental Robotics: The 10th International Symposium on Experimental Robotics (Springer Tracts in Advanced Robotics), Oussama Khatib, Vijay Kumar and Daniela Rus (Dec 1, 2010) ISBN 13: 978 3642096105, Springer.~~

~~[9] Handbook of Industrial Robotics, 2nd Edition. Shimon Y. Nof (Feb 16, 1999) ISBN 13: 978-0471177838, John Wiley & Sons.~~

~~[10] Industrial Robotics: How to Implement the Right System for Your Plant. Andrew Glaser (Aug 1, 2008.) ISBN 13: 978-0831133580, Industrial Pr Inc.~~

~~[11] IEEE/RSI International Conference on Intelligent Robots and Systems Proceedings—IEEE Robotics & Automation Society (Feb 2001) ISBN 13: 978-0780363496, I.E.E.E.Press (28 de febrero de 2001).~~

~~[12] 2006 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (Nov 14, 2008) ISBN 13: 978-1424400256, Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE)~~

~~[13] Digital Signal Processing (4th Edition). John G. Proakis, Dimitris K Manolakis (Author) (Apr 7, 2006) ISBN 13: 978-0131873742, Prentice Hall.~~

~~[14] Understanding Digital Signal Processing. Richard G. Lyons (Nov 6, 1996) ISBN 13: 978-0201634679, Addison-Wesley.~~

~~[15] Discrete Time Signal Processing (3rd Edition). Alan V. Oppenheim (Aug 28, 2009). ISBN 13: 978-0131988422, Addison-Wesley Pub Co Inc.~~

~~[16] Signal Processing and Linear Systems. B. P. Lathi (Feb 24, 2000) ISBN 13: 978-0195219173, OUP USA.~~

~~[17] The DSP Handbook: Algorithms, Applications and Design Techniques. Andrew Bateman (Oct 26, 2002) ISBN 13: 978-0201398519, Prentice Hall.~~

~~[18] Real Time Digital Signal Processing from MATLAB® to C with the TMS320C6x DSPs, Second Edition. Thad B. Welch (Dec 22, 2011) ISBN 13: 978-1439883037, CRC Press,~~

~~[19] DSP Filter Cookbook (Electronics Cookbooks). John Lane (Dec 1, 2000) ISBN 13: 978-0790612041, Premier Pr.~~

~~[20] Introduction to Mechatronic Design. J. Edward Carryer (Dec 31, 2010) ISBN 13: 978-0131433564, Prentice Hall.~~

~~[21] System Dynamics: Modeling and Simulation of Mechatronic Systems. Dean C. Karnopp, Donald L. Margolis and Ronald C. Rosenberg (Jan 3, 2006) ISBN 13: 978-0471709657, John Wiley & Sons, cuarta edición.~~

~~[22] Mechatronics & Machine Tools. Hindustan Machine Tools Limited and Hmt Limited (Dec 31, 1998) ISBN 13: 978-0071346344, McGraw-Hill Higher Education.~~

#### ~~Tesis y trabajos adicionales:~~

~~Design Optimization in Industrial Robotics—Methods and Algorithms for Drive Train Design. Marcus Pettersson, Department of Management and Engineering, Division of Machine Design, Linköpings universitet SE-581 83 Linköping, Sweden, Linköping 2008.~~

~~Identification, Diagnosis, and Control of a Flexible Robot Arm Mans Ostring, Division of Automatic Control, Department of Electrical Engineering Linköpings universitet, SE-581 83 Linköping, Sweden, Linköping 2002.~~

~~Dynamic Modeling and Simulation of Robot Manipulators The Newton-Euler Formulation Herman  
Høifødt, Master of Science in Engineering Cybernetics.~~

~~On Kinematic Modelling and Iterative Learning Control of Industrial Robots Johanna Wallén, Division of  
Automatic Control, Department of Electrical Engineering, Linköping University, SE-581 83 Linköping,  
Sweden.~~

## Contenido

<a href="#">Resumen del proyecto:</a>	<a href="#">3</a>
<a href="#">PLAN DE INVESTIGACION</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Selección del tema</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Antecedentes</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Objetivos</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Hipótesis</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Estado actual del conocimiento</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Marco teórico</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">Metodología</a>	<a href="#">9</a>
<a href="#">Resultados obtenidos:</a>	<a href="#">11</a>
<a href="#">Posibilidades de transferencia de resultados:</a>	<a href="#">12</a>
<a href="#">ACTIVIDADES DESARROLLADAS 2014-2015</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">Introducción y antecedentes</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">Conformación del grupo de investigación.</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">Actividad desarrollada.</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Replanteo del proyecto inicial</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">Desarrollo de algoritmos de control y procesamiento de imágenes</a>	<a href="#">19</a>
<a href="#">Maqueta Brazo Robot</a>	<a href="#">2224</a>
<a href="#">Evaluación de la actuación del equipo de investigación</a>	<a href="#">2725</a>
<a href="#">Transferencias realizadas</a>	<a href="#">2927</a>
<a href="#">Quinto Congreso de Microelectrónica Aplicada</a>	<a href="#">2927</a>
<a href="#">Segunda Escuela para la Enseñanza de Sistemas Embebidos</a>	<a href="#">2927</a>
<a href="#">SASE 2014 – Simposio Argentino de Sistemas Embebidos</a>	<a href="#">2927</a>
<a href="#">Seminario Microchip</a>	<a href="#">2927</a>
<a href="#">Jornada de Investigación Interdepartamental UNLAM – Septiembre 2014</a>	<a href="#">3028</a>
<a href="#">Sexto Congreso de Microelectrónica Aplicada</a>	<a href="#">3028</a>
<a href="#">Jornada sobre Desarrollos en Vinculación Tecnológico Social en la UNLaM – Red Vitec</a>	<a href="#">3028</a>
<a href="#">Curso de capacitación ARM Cortex M</a>	<a href="#">3028</a>
<a href="#">Informe sobre asignación presupuestaria y utilización de la misma</a>	<a href="#">3329</a>
<a href="#">Conclusiones</a>	<a href="#">3430</a>
<a href="#">Anexos que acompañan al informe final.</a>	<a href="#">3534</a>
<a href="#">Resumen del proyecto:</a>	<a href="#">4</a>

Resumen del proyecto:.....	3
PLAN DE INVESTIGACION.....	4
Selección del tema.....	4
Antecedentes.....	5
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	5
Estado actual del conocimiento.....	6
Marco teórico.....	6
Metodología.....	7
Resultados obtenidos:.....	8
Posibilidades de transferencia de resultados:.....	8
INFORME TÉCNICO ACADÉMICO.....	9
Introducción y antecedentes.....	9
Conformación del grupo de investigación.....	11
Actividad desarrollada.....	12
Evaluación de la actuación del equipo de investigación.....	16
Transferencias realizadas.....	17
Quinto Congreso de Microelectrónica Aplicada.....	17
Segunda Escuela para la Enseñanza de Sistemas Embebidos.....	17
SASE 2014— Simposio Argentino de Sistemas Embebidos.....	17
Seminario Microchip.....	17
Jornada de Investigación Interdepartamental UNLAM— Septiembre 2014.....	17
Sexto Congreso de Microelectrónica Aplicada.....	18
Red VITEC.....	18
Curso de capacitación ARM Cortex M.....	18
Documentación referida al desarrollo del proyecto.....	19
Informe sobre asignación presupuestaria y utilización de la misma.....	20
Conclusiones.....	21
Bibliografía:.....	22

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato:** Fuente de párrafo predeter., Revisar la ortografía y la gramática

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato**

**Con formato:** Izquierda