



# Formulario de Acreditación de Proyectos de Investigación Universidad Nacional de Misiones



**Instancia del proyecto: ACREDITADO**

## 1. Título del Proyecto:

PEQUENAS CENTRALES HIDROELECTRICAS - EQUIPOS Y SISTEMAS

## 2. Tipo de Proyecto:

Aplicada

*Disciplina Científica:* AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

*Código:* 1901

*Campo Aplicación:* Hidráulica

*Código:* 120

## 3. Entidad que presenta el Proyecto

*Organismo:* UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

*Unidad Ejecutora:* Secretaría de Ciencia y Técnica - FI

*Dependencia:* Facultad de Ingeniería

*Domicilio:* Juan Manuel de Rosas N°325-OBERA (Misiones)

*Telefono:* 03755-422170

*Email:* sec.cyt@fio.unam.edu.ar

*Web:* <http://www.fio.unam.edu.ar/>

## 4. Duración del Proyecto

*Fecha Inicio:* 01/01/2016

*Fecha Fin:* 31/12/2018

## 5. Directores de Proyecto

### a. Director

*Apellido y Nombres:* KURTZ ,VICTOR HUGO

*Tipo Documento:* DNI

*Nro Documento:* 12898437

*Categoría Investigador:* III

*Título de Grado:* Ingeniero Electricista

*Título PosGrado:* Magister en Magister en Docencia

*Disciplina Formación:*

*Código:* 1901 *Nombre:* AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

*Disciplina Actividad:*

*Código:* 1901 *Nombre:* AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

*Domicilio:* LIBERTAD - 60 - OBERA - (Misiones) - CP: 3360

*Telefono:* 03755-421878

*Email:* kurtzvh@fio.unam.edu.ar

*Cargo Docente:* Profesor Titular

*Dedicación Docente:* Exclusiva

## Instancia del proyecto: ACREDITADO

### b. Co-Director:

Apellido y Nombres: Anocibar ,Hector

Tipo Documento: DNI

Nro Documento: 12263563

Categoría Investigador: III

Título de Grado: Ingeniero Electricista

Título PosGrado: Doctorado en Doctor en Ingeniería Eléctrica

Disciplina Formación:

Código: 1805 Nombre: ELECTRONICA

Disciplina Actividad:

Código: 1805 Nombre: ELECTRONICA

Domicilio: RIVADAVIA - 658 - OBERA - (Misiones) - CP: 3360

Teléfono: 03755-403160

Email: anocibar@gmail.com

Cargo Docente: Profesor Titular

Dedicación Docente: Exclusiva

## 6. Personal Afectado al Proyecto

Apellido y Nombres	Sexo	Documento		Titulo	Categoría		Dedicación		Función en el proyecto
		Tipo	Numero		Docente	Inves	Docente	Inves.	
KURTZ, VICTOR HUGO	M	DNI	12898437	Ingeniero Electricista	PTI	III	20	20	Director
Anocibar, Hector	M	DNI	12263563	Ingeniero Electricista	PTI	III	20	20	CoDirector
XANDER, GERMÁN ANDRÉS	M	DNI	25617736	Ingeniero Electrónico	AYP	S/C	4	4	Investigador
OLSSON, JORGE ALBERTO	M	DNI	13826539	Ingeniero Electricista	S/C	V	0	4	Investigador
LOPEZ, JORGE LUIS	M	DNI	13033465	Ingeniero Mecánico	PAD	IV	30	10	Investigador
MARCHEGANI, ARIEL R.	-	DNI	14302245	No Posee	S/C	S/C	0	0	Colaborador
AUDISIO, ORLANDO A.	-	DNI	14256539	No Posee	S/C	S/C	0	0	Colaborador
OSTERWALDER, GIANCARLO G.									

## B. Memoria Técnica

### Nombre Proyecto

PEQUENAS CENTRALES HIDROELECTRICAS - EQUIPOS Y SISTEMAS

### Resumen

Con este proyecto se pretende continuar con el estudio e implementación de equipos y sistemas para el control, protección y regulación automática de la energía eléctrica producida por pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (de no más de 15kW), funcionando en forma aislada o interconectada. Utilizando soluciones y equipos modernos.

## **Instancia del proyecto: ACREDITADO**

Todo atento a las nuevas demandas como ser; PCH de bajo salto (como es el caso de las arroceras de la provincia de Corrientes, canales de riego en Neuquen). Interconexión de distintos aprovechamientos en red inteligente (smart-grid). Análisis de sistemas undimotriz y mareomotriz a baja escala, entre otros.

## **Planteo Problema**

El control de la generación en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), no es tarea simple. Los problemas presentados en el control de la generación eléctrica en pequeños aprovechamientos, son similares a los presentados en instalaciones de mayor porte. Sin embargo, el presupuesto disponible en PCH es mucho menor, por lo que no es posible utilizar las soluciones adoptadas para grandes centrales hidroeléctricas en pequeñas centrales.

Dicho de otra manera; Los problemas de control y regulación en Pequeños Aprovechamientos Eléctricos PAE, son similares a los de mayor porte, pero las soluciones son distintas.

Por otro lado; En estos últimos años surgió la necesidad de proyectar y equipar PCH de bajo salto (como es el caso de las arroceras de la provincia de Corrientes, o en los canales de riego en Neuquen), que operarían en condiciones diferentes a las estudiadas hasta ahora.

También el caso de poder interconectar los distintos aprovechamientos en red inteligente (smart-grid).

O la utilización de la energía del mar, dentro del proyecto Pampa Azul.

Resguardar los equipos electro-electrónicos de las descargas atmosféricas, tan frecuentes en Misiones.

Si bien existen equipos importados, estos, hoy en día son caros, difíciles de adquirir y reparar. También resulta complicada la selección del equipo que mejor se adapte al aprovechamiento en particular. Muchas veces complicada su puesta a punto. Todo esto teniendo en cuenta que la mayoría de las maquinas hidráulicas utilizadas en PCH, son construidas artesanalmente en talleres locales y no siempre con procedimientos normalizados.

## **Palabras Claves**

Mirohídros, Microturbinas, Undimotriz, Energía Renovable, Generación asincrónica, Automatismos, Reguladores, Control.

## **Objetivo General**

a) Analizar la factibilidad de utilizar equipos comerciales, controladores lógico programable y sistemas embebidos, para el control y la regulación de la energía eléctrica producida por pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (de no más de 15kW), funcionando en forma aislada o interconectada a la red de distribución comercial.

b) Utilizar y difundir la simulación computacional como herramienta de investigación, aprendizaje y diseño.

c) Diseñar e implementar un sistema compacto y económico para el control de la generación eléctrica de Pico Turbinas Axial para bajos saltos (proyecto en conjunto con el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue y El Departamento de Ingeniería Electrónica la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones).

d) Proyectar equipos y sistemas para la hidrogenación eléctrica, aprovechando los reservorios de agua utilizados para la plantación de arroz en la Provincia de Corriente y en canales de riego en Neuquen,

e) Continuar con el estudio de la generación asincrónica en forma aislada o en paralelo a la red.

f) Analizar la posibilidad de interconexión inteligente de distintos PAH entre sí o con una red comercial, a modo de "smart-grid".

g) Estudiar las nuevas técnicas de protección de circuitos electrónicos frente a descargas atmosféricas y sobretensiones en general (muy comunes en Misiones, máxime en la zona de emplazamiento de las PCH).

h) Evaluar la posibilidad de implementar sistemas de conexión mixtas, con balance de consumo o gestión inteligente. Donde se combinen distintas fuente de energía eléctrica, que puede o ser renovables o no.

Por ej. La gestión inteligente entre el consumo y la producción de electricidad local propia, -generado por una microturbinas hidráulicas- con la proveniente de la red eléctrica comercial.

i) Divulgación, transferencia de tecnología y conocimiento, de los resultados obtenidos.

j) Utilización de la investigación aplicada en PCH, como medio facilitador del aprendizaje significativo.

## **Objetivos Especificos**

Con base en los hechos presentados y teniendo en cuenta las premisas básicas de los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos PCH, se propone con este proyecto de investigación, evaluar la factibilidad de implementar distintas alternativas, para el control de la generación eléctrica Utilizando soluciones y equipos modernos.

El objetivo de la propuesta es la de comparar el desempeño de distintas alternativas para el control de la generación. Como ser: variaciones de velocidad de la máquina primaria y variaciones de carga lineal (resistiva e inductiva) y de carga no lineal (por ej. rectificador a diodos y filtro capacitivo).

Propiciar el uso de la informática como herramienta de investigación, aprendizaje y diseño. Seleccionar el o los software o programas, más adecuado para cada situación problemática.

## **Instancia del proyecto: ACREDITADO**

Evaluar los distintos protocolos de comunicación digital, que permitan interconectar las distintas fuentes de energía, orientadas al funcionamiento autónomo e inteligente de las PCH interconectadas (red inteligente - smart grid).

Estudiar, evaluar, analizar, diseñar y ensayar; Componentes para la medición de los distintos parámetros que intervienen en la hidrogenación. Sistemas acondicionadores y transmisores de señal. Registradores de variables en tiempo real. Equipos comerciales, controladores lógico programable, módems, interfaces y sistemas embebidos. Todo atendiendo a los requerimiento de las PCH.

Los resultados de esta investigación permitirían aportar elementos de juicio, que ayuden a decidir respecto de la utilización de uno u otra solución para el control de la generación en PAH (Pequeños Aprovechamiento Hidroléctrico). Seleccionar el equipo que más se adecue a una aplicación, para finalmente propiciar la transferencia de esta tecnología al medio, tal como se viene realizando con éxito.

Desde el punto de vista de la investigación aplicada, se pretende probar concepciones teóricas en situaciones de problemas reales, tratando de mejorar procesos y productos. Mientras que desde lo experimental analizar lo que será y lo que puede ser, cuando ciertos factores sean meticulosamente manipulados o controlados.

En este proyecto de investigación no se deja de lado la dualidad investigación y docencia que son dos ejercicios básicos del conocimiento, y constituyen componentes indispensables en el proceso de la formación de profesionales de cualquier nivel, área o disciplina, sin descuidar las actividades de extensión.

Esto permite en términos generales propiciar un medio para adquirir conocimientos (indispensable en el proceso formativo del alumno), y propender un espacio que permita la construcción del conocimientos; o sea, por medio de las aportaciones que dan lugar al desarrollo y/o evolución de un área o disciplina. En este sentido, el profesor-investigador deberá orientar su tarea no sólo a la adquisición de nuevos conocimientos, sino también en el intento por producir o construir él mismo; Elementos estos que enriquezcan, incrementen y actualicen las materias o asignaturas que imparta.

Sin dejar de lado la posibilidad que los colaboradores integrantes de este proyecto, puedan formarse y progresar en la carrera de investigadores, con el objetivo de continuar estudios superiores y/o lograr la categorización como investigadores. Esto último tuvo importantes resultados en el último llamado a categorización de investigadores, por parte de los integrantes del proyecto de investigación anterior precedente y conexo a este.

## **Antecedentes**

Proyectos concluidos:

Como Director

Titulo o denominación del proyecto:

ANALISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA REGULACION AUTOMATICA DE LA GENERACION EN PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS Y OTRAS FUNTES DE ENERGIA RENOVABLES, UTILIZANDO CONVERTIDORES COMERCIALES.

Código identificación del proyecto: 16/I091

Nombre y apellido del director: Victor Hugo Kurtz

Fecha de inicio: 01-2011

Fecha de Finalización: 12-2015

Titulo o denominación del proyecto:

DISEÑO DE SISTEMAS ELECTRONICOS PARA EL CONTROL DE TENSION EN MICRO Y PICO CENTRALES HIDROELECTRICAS.

Código identificación del proyecto: 16/I065

Nombre y apellido del director: Victor Hugo Kurtz

Fecha de inicio: 07-2007

Fecha de Finalización: 12-2010

Titulo o denominación del proyecto:

ESTUDIO Y RELEVAMIENTO DE SISTEMAS ELECTRONICOS DE CONTROL PARA PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS.

Código identificación del proyecto: 16/I055

Nombre y apellido del director: Victor Hugo Kurtz

Fecha de inicio: 06-2004

Fecha de Finalización: 12-2007

Como Integrante.

Titulo o denominación del proyecto:

ENERGIAS RENOVABLES: ANALISIS DE PEQUEÑAS TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS Y SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.

Código identificación del proyecto: 04/I179

## **Instancia del proyecto: ACREDITADO**

Nombre y apellido del director: Ariel Ricardo Marchegiani

Fecha de inicio: 01-2013

Fecha de Finalización: 12-2015

### **Justificación**

Los temas que se proponen para la investigación en este proyecto, objetivan la obtención de equipos y sistemas para el control automático de la energía eléctrica generada por una Pequeña Central Hidroeléctrica, que resulte fácil de proyectar y con costos de construcción acordes a la potencia del emprendimiento y a la tecnología apropiada, esto es, con componentes electro-electrónicos que se consigan en el mercado local, para facilitar el mantenimiento del equipamiento en cuestión.

Este estudio permitirá introducir nuevas tecnologías en el área de la generación de energía renovables, tecnologías que podrán ser utilizadas desde un punto de vista didáctico en asignaturas de grado de las carreras de: Ingeniería Industrial, Ingeniería Electromecánica, e Ingeniería Electrónica y de posgrado. Con el objetivo de actualizar los conocimientos del alumno de grado además de incentivarlo a realizar trabajos de investigación; tarea ésta de gran importancia caso el alumno desee continuar estudios de postgrado.

Las nuevas tecnología, permitirán también actualizaran nuevos saberes en el plantel docente.

### **Resultados Esperados**

Sin perjuicio de que el avance de las investigaciones obligue a reformular los objetivos, se espera alcanzar los siguientes resultados:

a) Con este proyecto se pretende alcanzar un conocimiento acabado sobre el funcionamiento de equipos y sistemas aplicados a la generación hidroeléctrica en baja escala, interactuando con distintas fuentes de energía renovables o no, con el objetivo de obtener material teórico-práctico que permitan decidir la conveniencia de su utilización en el control de la generación eléctrica.

b) Brindar una continuidad a proyectos de investigaciones anteriores, conexos y transversales, que permitan continuar con las actividades que la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M viene desarrollando desde hace tiempo en el área de las energías renovables, para poder seguir ofreciendo soluciones en lo que hace al control de PCH.

c) Hacer conocer los resultados obtenidos en este proyecto por medio de presentaciones en congresos y publicaciones en revistas del área de electrónica de potencia, control, y conversión de la energía eléctrica, entre otras, tanto de nuestro país como del extranjero.

d) Se espera que con esta línea de investigación sea posible continuar y fomentar la interacción, y el trabajo en conjunto con otros grupos de investigación de Universidades Nacionales e incluso con grupos de investigadores de otros países.

e) Que la implementación de este proyecto sirva como material académico para introducir conocimientos adicionales en las carreras de Ingeniería Electrónica, Industrial y Electromecánica, no incluidos actualmente en los planes de estudio de la U.Na.M.

### **Fortalezas Debilidades**

Como fortaleza de este proyecto, se señala el aporte de conocimiento para la mejora de la calidad de energía generada por sistemas sencillos. Los antecedentes reales disponibles en el tema.

Un importante grupo de investigadores, que se encuentran en fase de formulación de tesis de posgrado.

Los contactos con otras instituciones que efectúan investigaciones de temas complementarios.

El reconocimiento de la institución como referente en el tema en el ámbito internacional.

Resultados de aplicaciones reales y con éxito.

Transferencia de conocimiento y tecnología en el país y el extranjero.

La predisposición de docente y alumnos para la empresa.

La posibilidad de ensayo real, en instalaciones reales.

El trabajo con sistemas de energías renovables.

La aplicación de fuentes de energías no contaminantes.

Además, para la ejecución de este proyecto se cuenta con la mínima infraestructura para poder desarrollar los trabajos de investigación anteriormente detallados. El laboratorio de electrónica posee un grupo motor-generator el cual se utilizará, en una primera instancia, para emular el sistema real turbina hidráulica-generator. El grupo motor-generator está formado por dos motores a inducción asincrónicos, tipo jaula de ardilla, de los cuales uno es utilizado como maquina primaria, controlándose su velocidad con un variador electrónico.

Para la comprobación final de los resultados, La Facultad de Ingeniería de la U.Na.M mantiene un convenio con el Laboratorio de Maquinas Hidráulicas (LA.M.HI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, en el cual se verificarán los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, utilizando una microturbina real como maquina primaria. Y en una etapa final, los controladores propuestos serán también ensayados en un microaprovechamiento hidráulico de nuestra Provincia, dependiente de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M.

La posibilidad de utilizar los laboratorios de la Universidad Federal de Santa María del estado de Rio Grande do Sul, Brasil.

Convenio con la escuela media, particularmente con la EPET (Escuela Provincial de Educación Técnica) N° 3 de Oberá, en lo que hace a talleres e instalaciones.

## **Instancia del proyecto: ACREDITADO**

Como debilidades, es posible indicar, el escaso interés por parte de las entidades gubernamentales, por la microgeneración. Falta de legislación en relación a la conexión en paralelo a la red eléctrica comercial, con el fin de inyectar energía a la red. El tendido de energía eléctrica comercial en las inmediaciones de los posibles aprovechamientos. Dificultades económicas para adquirir nuevos equipos y componentes, para el proyecto de investigación. Conflictos para utilizar equipos y componentes de otras dependencias de la misma unidad académica. Gran dificultad económica, para el traslado a otros centros de investigación más equipados con el fin de complementar los ensayos. Enormes trabas económicas para asistir a congresos y eventos relacionados con el proyecto. Falta de lugar apropiado para la implementación de ensayos experimentales. La falta de un lugar apropiado para la generación de informes y producción intelectual de los resultados. Falta de respaldo por parte de la Universidad en referencia a los derechos de autor.

## **Mecanismos Divulgacion**

- a. PCH - PCH Noticias & SHP News.
- b. Revista Hidrored.
- c. AEA – Revista de la Asociación Electrotécnica Argentina. (Electro Ingeniería)
- d. ASADES – Revista.
- e. Congreso Argentino del Control Automático – AADECA.
- f. Revista Automatica – ELSEVIER.
- g. Transactions on: Power Electronics, Industrial Electronics, Industry Applications, Energy Conversion, Electronics, Circuits and Systems – IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
- h. ELPAH – Encuentro Latinoamericano y del Caribe Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos.
- i. Seminario de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de Misiones.
- j. CRICTE – Congreso Regional de Iniciación Científica y Tecnológica de la Región Sur de Brasil.
- k. COBEP – Congreso Brasileiro de Electrónica de Potencia.
- l. CBA – Congreso Brasileiro de Automática.
- m. Revista Eletrônica de Potência – SOBRAEP (Sociedade Brasileira de Eletrônica de Potência).
- n. Revista Controle & Automação – SBA (Sociedade Brasileira de Automática).

## **11.a) Descripción y Codificación de Actividades**

### 1 ) Analisis del estado del arte "state of arte"

- 1 ) Análisis del estado del arte de los sistemas utilizados en el control y la regulación de la energía eléctrica en pequeños aprovechamientos hidr
- 2 ) Análisis del estado del arte de los sistemas utilizados en la interconexión de PAHs con una red comercial.
- 3 ) Revisión de la documentación de los trabajos relacionados a nuevas técnicas de protección de circuitos electrónicos frente a descargas atmosféricas
- 4 ) Analizar la factibilidad de utilizar equipos comerciales, controladores lógico programable y sistemas embebidos, para el control y la regulación de la

### 2 ) Diseño y proyecto de equipos

- 1 ) Diseñar e implementar un sistema compacto y económico para el control de la generación eléctrica de Pico Turbinas Axial para bajos saltos (proyecto en
- 2 ) Proyectar equipos y sistemas para la hidrogenación eléctrica, aprovechando los reservorios de agua utilizados para la plantación de arroz en la Prov

### 3 ) Protección de circuitos electro-electrónicos

### 4 ) Generación asincrónica

### 5 ) Smart grid

- 1 ) Analizar la posibilidad de interconexión inteligente de distintos PAH entre sí o con una red comercial, a modo de smart-grid.
- 2 ) Evaluar la posibilidad de implementar sistemas de conexión mixtas, con balance de consumo o gestión inteligente. Donde se combinen distintas fuentes de

### 6 ) Divulgación

- 1 ) Divulgación, transferencia de tecnología y conocimiento, de los resultados obtenidos.

## 11.a) Descripción y Codificación de Actividades

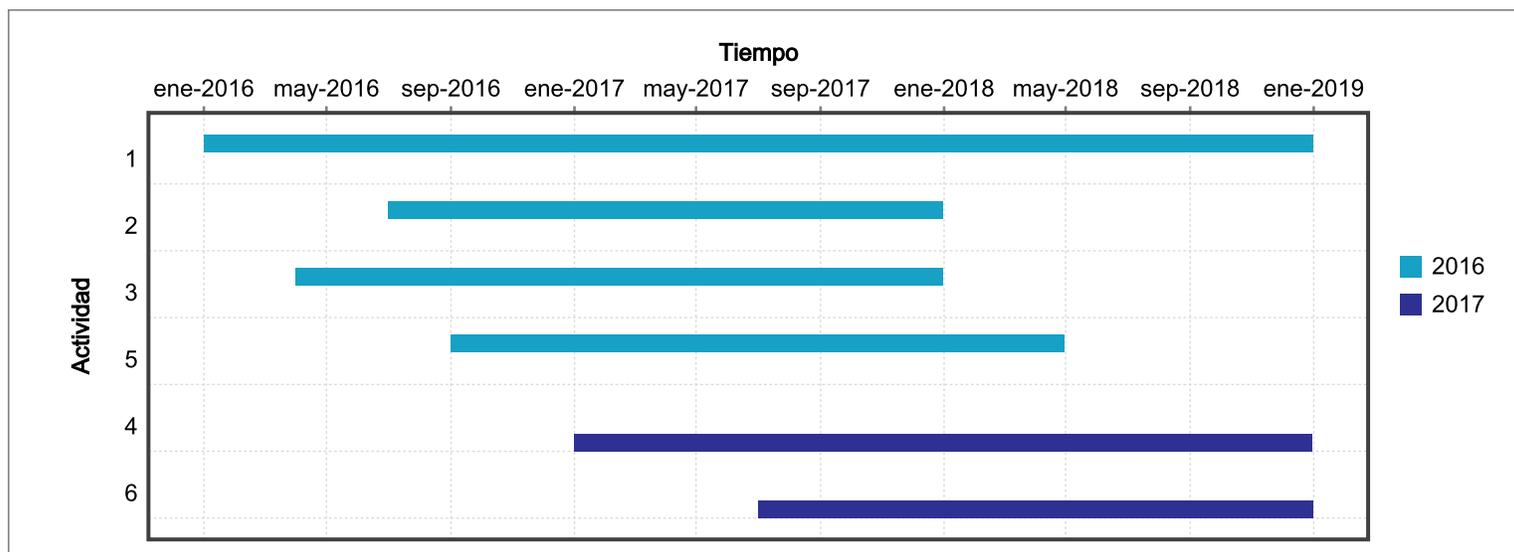
- 2 ) Utilización de la investigación aplicada en PCH, como medio facilitador del aprendizaje significativo.
- 3 ) Utilizar y difundir la simulación computacional como herramienta de investigación, aprendizaje y diseño.

## 11.b) Descripción de metodos y Tecnicas

La metodología empleada en este proyecto sigue, a priori, los pasos descritos a continuación (los cuales pueden ser alterados en el decorrer del proyecto):

- (i) Una adecuada y bien documentada revisión bibliográfica para complementar lo realizado hasta este momento, tarea que permitirá seleccionar las alternativas que se pretenden diseñar e implementar y finalmente comparar las distintas opciones.
- (ii) Proyecto de las posibles soluciones a implementar.
- (iii) Obtención del modelo que represente de la mejor forma posible las dinámicas en juego de estos sistemas.
- (iv) Simulación computacional de las distintas alternativas a estudiar.
- (v) Emulación de los sistemas embebidos a utilizar.
- (vi) Construcción de prototipos.
- (vii) Ensayos virtuales y experimentales.
- (viii) Realimentación, depuración, optimización del sistema o circuito propuesto.
- (ix) Documentación del informe de proyecto y divulgación de los resultados en congresos nacionales e internacionales, así como en revistas de publicación científica nacionales e internacionales.

## 12. Cronograma de Actividades



## C. Memoria Economica del Proyecto

### 1 . Recursos Disponibles y Requeridos para la Ejecucion del Proyecto

#### 1.1. Fisicos

Rubro	Total		Entidad	Porcentaje	Otros	Entidad Externa
	Disponible	Requerido				
Equipos e instrumentos	32.000,00	87.423,00	UNaM	100%	0%	
Materiales e insumos		36.500,00	UNaM	100%	0%	
Bibliografía	31.500,00	15.000,00	UNaM	100%	0%	
Infraestructura	62.000,00	125.000,00	UNaM	100%	0%	
<b>Totales</b>	<b>125.500,00</b>	<b>263.923,00</b>				

## 1.2. Humanos

Funcion/Especialidad	Docencia		Horas ded a la Inv	Total	Entidad	Porc.	Otros	Entidad Externa
	Cargo	Ded						
Director	PTI	20	20	280.800,00	UNaM	100%	0%	
CoDirector	PTI	20	20	286.000,00	UNaM	100%	0%	
Investigador	PAD	30	10	107.250,00	UNaM	100%	0%	
Investigador	S/C	0	10	128.421,00	UNaM	100%	0%	
Investigador	AYP	4	10	93.540,00	UNaM	100%	0%	
Totales				896.011,00				

## 1.3. Servicios

	Total Disponible	Total Requerido	Entidad	Porcentaje	Otros	Entidad Externa
No personales		48.000,00	UNaM	100%	0%	
		35.000,00	UNaM	100%	0%	
		22.000,00	UNaM	100%	0%	
		105.000,00				

## 2. Resumen

Rubros	Monto		Entidad	Financiación	
	Disponible	Requerido		Porcentaje	Otros
Bibliografía	31.500,00	15.000,00	UNaM	100%	0%
Materiales e insumos		36.500,00	UNaM	100%	0%
Infraestructura	62.000,00	125.000,00	UNaM	100%	0%
Equipos e instrumentos	32.000,00	87.423,00	UNaM	100%	0%
No personales		105.000,00	UNaM	100%	0%
Recursos Humanos	896.011,00		UNaM	100.0	null