



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia, Tecnología y
Posgrado

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: CCUTNME0007880

1. Unidad Científico-Tecnológica

- FR Mendoza - Grid TICs
- FR Mendoza - LABORATORIO DHARMA

2. Denominación del PID

ReLoT - Reinforcement learning for the Internet of Things

3. Resumen Técnico del PID

El aprendizaje por refuerzo es un área de la inteligencia artificial que estudia como un agente (programa, sensor, robot, etc) puede aprender de su entorno a tomar las decisiones sobre las siguientes acciones a ejecutar, basado en una función objetivo (o varias) modelada a través de un sistema de recompensas y/o penalizaciones. Permite que el agente se desenvuelva en un nuevo entorno y vaya mejorando su desempeño a medida que pasa el tiempo. En el paradigma de Internet de las cosas (IoT) podemos modificar el comportamiento de los sensores, por ejemplo, indicar cuando las luces irán a encenderse en un hogar o cada cuanto deben medirse y enviarse información ambiental que fue medida en una parcela en el campo. Muchos sistemas de telemetría actualmente requieren bastante intervención humana para ajustar su comportamiento y configuración inicial. En este proyecto proponemos el estudio de técnicas de aprendizaje por refuerzo, área de la inteligencia artificial, aplicadas a IoT para lograr aplicaciones ?autoconfigurables? en escenarios no críticos. Uno de los limitantes es la escasez de implementaciones o software libre para IoT de algoritmos de aprendizaje por refuerzo. El proyecto propone analizar escenarios de aplicación y ensayar los frameworks o librerías existentes para la construcción de un prototipo de librería de aprendizaje por refuerzo para IoT. Otro de los objetivos es estudiar y ensayar algoritmos de aprendizaje por refuerzo y proponer mejoras y adaptaciones para su uso en sensores inalámbricos en aplicaciones como edificios inteligentes y/o agricultura de precisión, permitiendo construir sistemas auto-configurables con escasa intervención humana.

4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) SIN INCORPORACION EN PROGRAMA INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

| Rubro | Descrip. Actividad | Otra (especificada) |
|--|--|-------------------------------------|
| ENERGIA (Producción) | Otros - Energia (Especificar) | sistemas de bajo consumo de energía |
| ORDENAMIENTO TERRITORIAL | Otros - VIVIENDA - (Especificar) | domótica |
| AGROPECUARIO (Producción y tecnología) | Otros - Servicios Agropecuarios- (Especificar) | sensores inalámbricos |

Disciplinas Científicas:

| Rubro | Disciplina Científica | Otras Disciplinas Científicas |
|--|-------------------------|-------------------------------|
| INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL | Computación | - |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA | Inteligencia Artificial | - |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA | Redes de Computación | - |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA | Estructuras de datos y | - |

Palabras Clave

aprendizaje por refuerzo, inteligencia artificial, sensores inalámbricos, internet de las cosas, smart building

6. Fechas de realización

| Inicio | Fin | Duración | Fecha de Homologación |
|------------|------------|----------|-----------------------|
| 01/01/2020 | 31/12/2022 | 36 meses | - |

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)**7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)**

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP: CCUTNME0007880

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

EN TRÁMITE

9. Aavales (presentación obligatoria de aavales)**10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID**

| Apellido y Nombre | Cargo | Hs/Sem | Fecha Alta | Fecha Baja | Otros Cargos |
|----------------------------------|--|--------|------------|------------|--------------|
| TAFFERNABERRY, JUAN CARLOS | CO-DIRECTOR | 10 | 01/01/2020 | 31/12/2022 | - |
| DIEDRICHS ESCUDERO, ANA LAURA | DIRECTOR | 15 | 01/01/2020 | 31/12/2022 | |
| CATANIA, CARLOS ADRIAN | INVESTIGADOR DE APOYO | 5 | 01/01/2020 | 31/12/2022 | - |
| DINAMARCA, AGUSTINA | BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS | 10 | 01/01/2020 | 31/12/2022 | - |
| VILLEGAS MARSET, DIEGO WENCESLAO | BECARIO ALUMNO FAC.REG. | 10 | 01/01/2020 | 31/12/2022 | - |

11. Datos de la investigación**Estado actual de concimiento del tema**

Actualmente, existen más dispositivos conectados a Internet que personas en el planeta [12]. La Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) es la integración de diversos dispositivos que pueden conectarse entre sí a través de Internet, posibilitando que adquieran datos y tomen decisiones con escasa o nula intervención humana. Un campo muy activo de investigación en el IoT son las redes de bajo consumo conocidas como redes inalámbricas de sensores o *wireless sensor networks* WSN siglas en inglés. Las WSN están compuestas por nodos, que son computadoras (tienen memoria y procesamiento) con una interfaz de transmisión de datos inalámbrica y alimentación eléctrica. Estos nodos cuentan con una interfaz para transmitir sus datos a Internet, siendo más populares las interfaces de tipo inalámbrica (Bluetooth, WIFI, IEEE 802.15.4e, etc), al brindar facilidades para su instalación (no requerir cables) y menores costos. También para funcionar estos nodos requieren alimentación eléctrica, directa o usando baterías y en varias aplicaciones pueden observarse nodos dotados con fuentes de energía alternativa como por ejemplo paneles solares. Estos nodos inalámbricos, también llamados motes, también cuentan con modos de ahorro de energía para poder prolongar la vida útil de sus baterías, por eso son conocidas como redes de bajo consumo.

Los nodos de estas redes de bajo consumo se comunican entre sí utilizando protocolos diferentes (6lowpan, coap, etc) a los que un usuario utiliza para acceder a un sitio web (stack TCP/IP), por lo que es necesario un dispositivo pasarela o gateway para que convierta el idioma de los nodos o motes al idioma de Internet? (TCP/IP) para dirigir la información a un servidor, donde por ejemplo, pueden alojarse todos los datos recolectados por los sensores. Desde el servidor se puede brindar un aplicativo de acceso para visualización de los datos de la red de sensores y su gestión. Muchas veces el gateway no está al alcance de todos los nodos (topología estrella) y es frecuente que la información de un nodo deba ser reenviada a otro nodo y así sucesivamente hasta alcanzar al gateway, esto se conoce como ruteo.

Aplicaciones como sistemas de alarmas hogareñas remotas, monitoreo ambiental agrícola, edificios y ciudades inteligentes, involucran al paradigma del IoT. Estas aplicaciones presentan varios desafíos y características como por ejemplo:

* **La eficiencia energética:** como una red de nodos sensores pueden funcionar la mayor parte del tiempo gastando la menor energía posible para prolongar el tiempo de vida útil de sus baterías. También pueden obtener energía de fuentes renovables como paneles solares. Lograr un balance entre las acciones a realizar por el nodo considerando la eficiencia energética es un problema estudiado con varias alternativas de solución [15]. El ahorro energético es muy importante en términos económicos y ambientales.

* **Comunicación fiable:** dada las interferencias propias del medio inalámbrico y las inestabilidades recurrentes en los enlaces de WSN

dinámicas, puede suceder que los nodos deban revisar con frecuencia sus decisiones de ruteo y retransmisión de datos al *gateway*. * *In-network processing*: dado 1) y 2) es frecuente que un nodo tome decisiones *in-situ* o procese datos por sí mismo, sin requerir de la intervención de un organismo central. En algunos casos el nodo interpreta los valores de sus sensores y sólo reporta al *gateway* ante variaciones significantes, para evitar estar enviando cada una de las mediciones, lo que permite ahorrar en transmisión y paquetes enviados. En otros casos para definir o determinar que se ha detectado un evento deba interactuar con otros nodos vecinos y compartir información entre ellos.

El aprendizaje de refuerzo (RL por sus siglas en inglés) es aprender qué hacer, es decir, cómo asignar situaciones a acciones para maximizar una recompensa. A diferencia de la mayoría de las formas de aprendizaje automático, al dispositivo que aprende, no se le dice qué acciones tomar. En cambio, el dispositivo debe descubrir qué acciones producen la mayor recompensa probándolas en su entorno. Las acciones pueden afectar no solo la recompensa inmediata sino también las recompensas posteriores. Por lo tanto, la búsqueda de prueba, error y la recompensa atrasada son las características distintivas más importantes del aprendizaje de refuerzo.

El aprendizaje de refuerzo (RL) funciona en un ciclo de sensar-actuar-objetivos. Debido a que el aprendizaje de refuerzo aprende de la interacción inmediata con el entorno, es diferente del aprendizaje supervisado (aprender de ejemplos proporcionados por un supervisor externo experto). El enfoque de aprendizaje interactivo es beneficioso para navegar en un territorio inexplorado, se refiere a situaciones en las que:

- * No se conocen los ejemplos (observaciones) para entrenar, es decir, no contamos con información previa del entorno para entrenar el sistema.
- * No se conocen los valores correctos e incorrectos para los ejemplos.
- * Sin embargo, sí sabemos un objetivo general y,
- * Podemos sensar el entorno y tomar medidas para maximizar las recompensas inmediatas y a largo plazo.

Uno de los desafíos que surgen en el aprendizaje de refuerzo, y no en otros tipos de aprendizaje, es la compensación entre la exploración y la explotación. El agente debe realizar tanto la exploración como la explotación simultáneamente. Al mismo tiempo, el agente debe considerar todo el problema y operar en un entorno de incertidumbre. Por ejemplo, cuando se aplica RL a IoT, un controlador adaptativo podría ajustar los parámetros de la operación de una refinería de petróleo en tiempo real. El controlador optimiza el equilibrio entre rendimiento / costo / calidad (es decir, el objetivo final) sobre la base de los costos marginales específicos (es decir, el aprendizaje por interacción con su entorno) sin apegarse estrictamente a los puntos de ajuste originalmente sugeridos por los ingenieros. El agente mejora su rendimiento con el tiempo.

Las principales características del aprendizaje por refuerzo (RL) son:

- No requiere datos para ser entrenado o para empezar a funcionar, tan solo libertad para desenvolverse en su entorno. Así, va aprendiendo y mejorando con su propio funcionamiento.
- No requiere la participación activa de personas, por ejemplo en la configuración o entrenamiento, pero sí en el diseño de la política de recompensas, penalizaciones y definición del problema.
- Entrenamiento continuo.
- Adaptación constante.
- Aprendizaje de decisiones.

El aprendizaje automático ha sido estudiado y aplicado problemas puntuales de IoT como [13]:

- Clustering o decisión de agrupamiento de los nodos. Es un proceso que determina grupos de nodos de los cuales uno será el jefe o nodo central, *cluster-head* (CH), quien puede resumir o procesar datos en el mismo grupo de nodos (*in-network-processing*).
- Detección de eventos o valores anómalos.
- Mejora en esquemas de localización.
- Optimización de ubicación de sensores.

Existen diversos casos de estudio [13,17] en los cuales puede ser aplicado RL a IoT, donde la IoT es el cuerpo y el aprendizaje por refuerzo sería ¿la inteligencia? o cabeza de la red [14]:

- Ruteo [7]
- Determinar cuándo debe despertarse el nodo del modo bajo consumo para iniciar sus tareas (sensar, recibir datos, procesar información, transmitir) [6,15]
- En radios cognitivas, que automáticamente seleccionan el canal de transmisión con menos ruido, entre otras consideraciones [9]
- Gestión de la red [8] en general o gestión de recursos [18]
- Optimización de la capa de enlace de acceso al medio inalámbrico [10], es muy conocido el algoritmo RL-MAC [11]
- Interoperabilidad (compatibilidad semántica entre redes) [16]
- Localización *indoor* [19]
- Mejora de la aplicación, por ejemplo, en agricultura de precisión [20]

Si bien RL es bastante prometedor, aún no alcanza el mismo nivel de capacidad de adaptación de un ser humano. Por ello se trabaja bastante entrenando previamente los algoritmos, una vez que están más estables, se contrastan en entornos más realistas. Para poder realizar dichos experimentos es importante un entorno de experimentación. Uno de los grandes desafíos que presenta RL es la dificultad de contrastar distintos enfoques por la escasos *benchmarks* existentes. Actualmente la comunidad de inteligencia artificial trabaja fuertemente en algunas soluciones [3][4] que están permitiendo mejorar las pruebas de los algoritmos en distintos escenarios. Actualmente no existen implementaciones código abierto accesibles y documentadas para Internet de las cosas. En este proyecto

proponemos trabajar en crear un prototipo (librería software), para: 1) aplicar RL en IoT, 2) permitir contrastar RL en distintos escenarios IoT.

En aplicaciones de edificios inteligentes [19] (*smart buildings* en inglés) se caracterizan por su eficiencia energética y comportamiento ubicuo ante el usuario. Es muy común que personas se olviden de apagar un aire acondicionado o dejar la calefacción prendida más tiempo del necesario. Un esquema combinado de aprendizaje por refuerzo (RL) sobre una red de sensores del edificio (IoT) permitiría una configuración adaptativa, por ejemplo, del consumo energético, tomando decisiones como:

- Prender/apagar los aires acondicionados en el momento adecuado o accionarlos sólo si hay personas presentes,
- Prender la calefacción con cierta anticipación para que el ambiente ya se encuentre a una temperatura confortable al momento que arriben las personas.
- Gestionar la iluminación no sólo en base al horario, sino actividad, número de personas presentes, permitiendo encender más o menos luces en la habitación.

Referencias

- [1] Nicolas Pröllochs & Stefan Feuerriegel, ReinforcementLearning, an R package, 2018 , <https://cran.r-project.org/web/packages/ReinforcementLearning/index.html>
- [2] YORLL (YOrk Reinforcement Learning Library) <https://www.cs.york.ac.uk/rl/software.php>
- [3] Open AI Gym <https://blog.openai.com/openai-gym-beta/>
- [4] Tensor Force <https://reinforce.io/reinforcement-learning/>
- [5] FAMBON, Olivier, et al. FITIoT-LAB tutorial: hands-on practice with a very large scale testbed tool for the Internet of Things. 10èmes journées francophones Mobilité et Ubiquité, UbiMob2014, 2014.
- [6] Mihaylov, M., Le Borgne, Y. A., Tuyls, K., & Nowé, A. (2011, January). Reinforcement learning for self-organizing wake-up scheduling in wireless sensor networks. In *International Conference on Agents and Artificial Intelligence* (pp. 382-396). Springer, Berlin, Heidelberg. https://ai.vub.ac.be/sites/default/files/mihaylov_et_al_ccis12.pdf
- [7] Kadam, Kaveri, and Navin Srivastava. "Application of machine learning (reinforcement learning) for routing in wireless sensor networks (WSNs)." *Physics and Technology of Sensors (ISPTS), 2012 1st International Symposium on*. IEEE, 2012. DOI: [10.1109/ISPTS.2012.6260967](https://doi.org/10.1109/ISPTS.2012.6260967)
- [8] Shah, Kunalbhai. *Reinforcement learning based strategies for adaptive wireless sensor network management*. The University of Texas at Arlington, 2010.
- [9] Mustapha, I., Ali, B. M., Rasid, M. F. A., Sali, A., & Mohamad, H. (2015). An energy-efficient spectrum-aware reinforcement learning-based clustering algorithm for cognitive radio sensor networks. *Sensors*, 15(8), 19783-19818. DOI:10.3390/s150819783
- [10] Liu, Zhenzhen, and Itamar Elhanany. "RL-MAC: a reinforcement learning based MAC protocol for wireless sensor networks." *International Journal of Sensor Networks* 1, no. 3-4 (2006): 117-124. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSNET.2006.012027>
- [11] Liu, Zhenzhen and Itamar Elhanany. "RL-MAC: A QoS-Aware Reinforcement Learning based MAC Protocol for Wireless Sensor Networks." *2006 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control* (2006): 768-773. DOI: [10.1109/ICNSC.2006.1673243](https://doi.org/10.1109/ICNSC.2006.1673243)
- [12] "Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016", 2016, source <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
- [13] Alsheikh, Mohammad Abu, Shaowei Lin, Dusit Niyato, and Hwee-Pink Tan. "Machine learning in wireless sensor networks: Algorithms, strategies, and applications." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16, no. 4 (2014): 1996-2018. DOI: [10.1109/COMST.2014.2320099](https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2320099)
- [14] Kulkarni, Raghavendra V., Anna Forster, and Ganesh Kumar Venayagamoorthy. "Computational intelligence in wireless sensor networks: A survey." *IEEE communications surveys & tutorials* 13.1 (2011): 68-96.
- [15] Ma, Dong, Guohao Lan, Mahbub Hassan, Wen Hu, and Sajal K. Das. "Optimizing Sensing, Computing, and Communication for Energy Harvesting IoTs: A Survey." *arXiv preprint arXiv:1905.03949* (2019).
- [16] Kotstein, Sebastian, and Christian Decker. "Reinforcement Learning for IoT Interoperability." In *2019 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*, pp. 11-18. IEEE, 2019.
- [17] Park, Taehyeun, Nof Abuzainab, and Walid Saad. "Learning how to communicate in the Internet of Things: Finite resources and heterogeneity." *IEEE Access* 4 (2016): 7063-7073.
- [18] Sun, Yaohua, Mugen Peng, and Shiwen Mao. "Deep reinforcement learning based mode selection and resource management for green fog radio access networks." *IEEE Internet of Things Journal* (2018).
- [19] Mohammadi, Mehdi, Ala Al-Fuqaha, Mohsen Guizani, and Jun-Seok Oh. "Semisupervised deep reinforcement learning in support of IoT and smart city services." *IEEE Internet of Things Journal* 5, no. 2 (2017): 624-635.

Grado de Avance

En la actualidad existen las siguientes iniciativas que ofrecen mediante software código abierto, implementaciones de distintos esquemas de aprendizaje por refuerzo, que podemos estudiar y utilizar para nuestros experimentos:

- Open AI Gym [3]
- Tensor Force [4]
- ReinforcementLearning, paquete en R [1]
- YORLL [2]
- Dopamine [21]

Cabe destacar que tanto GridTICs como DHARMA disponen de los recursos computacionales sobre los cuales trabajar los experimentos mencionados.

Para luego programar algún algoritmo sobre los motes, puede realizarse tanto en simuladores como en motes reales. El grupo GRIDTICs cuenta con nodos de redes de sensores. Además se pueden acceder a camas de pruebas de redes de sensores federadas IoTLab [5]. Integrantes del grupo GRIDTICs han dictado por varios años la electiva Teleinformática donde se utiliza Contiki Os (<http://www.contiki-os.org/>), como sistema operativo para los nodos, como Cooja el simulador que lo acompaña. Además el grupo GridTICs mantiene actividades de posgrado programadas para la Especialización en Redes de Datos y Especialización en Computación. En continua con el cursado de las cohortes iniciadas en el primer semestre de 2015 la Especialización en Redes de Datos y Especialización en Computación con docentes investigadores del gridTICs. Durante 2016 se obtuvo la acreditación de CONEAU con Cat B por seis años.

Miembros del laboratorio DHARMA han brindado clases en la materia Inteligencia Artificial, curricular de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, y otras materias relacionadas que se listan a continuación:

* Curso de grado, Razonamiento Probabilístico en UTN-FRM, 2012 y 2017, carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Profesor titular Dr. Facundo Bromberg. Ayudantes 1° edición 2012: Dr. Alejandro Edera, Dr. Diego Sebastián Pérez, Ayudantes 1° edición 2017: Carlos A. Catania.

* Curso de grado, Aprendizaje de Máquinas en UTN-FRM, desde 2011 hasta la actualidad, carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Profesor titular Dr. Facundo Bromberg. Ayudante 1° Ing. Ana Laura Diedrichs, Ayudantes ad-honorem Ing. Carlos Diaz y Carlos A. Catania.

* Curso de posgrado, Modelos Probabilísticos Gráficos 2011, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Profesor Dr. Facundo Bromberg.

* Curso de posgrado, Sistemas Inteligentes 2008, 2010. Universidad Tecnológica Nacional y Universidad de Mendoza Argentina. Profesor titular Dr. Facundo Bromberg.

* Curso de posgrado, Inteligencia Artificial Avanzada 2008. Doctorado en Ingeniería, Univ. Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Profesor titular Dr. Facundo Bromberg.

* Curso de grado, Inteligencia Artificial, carrera Ingeniería en Sistemas de Información, UTN-FRM, desde 2007 hasta la actualidad. Profesor titular Dr. Facundo Bromberg, JTP: Dra. Matilde Cesari, Ayudante 1° Dr. Diego Sebastian Perez, Ayudante 1°: Ing. Leandro Abraham, Ayudante 1er ad-honorem Ing. Ana Laura Diedrichs

A continuación se listan los proyectos y publicaciones del Laboratorio DHARMA, cuyos antecedentes podrían aportar como base a este proyecto.

Smart prEdiccióN of froSt and yiEld for the wine industry. Predicción de heladas y pronóstico de cosecha para la industria del vino, **PID-UTN-5128 SENSE, Directora Ing. Ana Laura Diedrichs**, Co-director Ing. Gustavo Mercado, 2019-2020. **PID UTN entre Laborartorio DHARMA y grupo GridTICs**

Aprendizaje automático aplicado a problemas de visión artificial. PID UTN 3601 (Director Dr. Facundo Bromberg) 2015-2017. PICT 2014-0567 de ANPCyT (Director Dr. Facundo Bromberg) 2016-2019

Predicción localizada de heladas en la provincia de Mendoza mediante técnicas de aprendizaje de máquinas y redes de sensores. PICT-2731 de ANPCyT 2013-2016. Miembro del grupo responsable: Dr. Facundo Bromberg. Miembros de DHARMA integrantes del grupo colaborador: Federico Schlüter, Diego Sebastián Pérez, Alejandro Edera, Ana Laura Diedrichs. PID de UTN 25/J077 (Director Dr. Facundo Bromberg) 2012-2014.

Diseño de algoritmos basados en independencia para el aprendizaje de modelos probabilísticos gráficos de mejor calidad. PID UTI4481 (Director) 2017-2019. PICT-ANPCyT-241 y PID-UTN-1205 (Director) Agosto 2010.

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial a la detección de anomalías en el tráfico de red 2009-2011. Co-director Dr. Facundo Bromberg, Código 06/M010 Res. No 1094 del 13/08/2009, UNCuyo.

Proyectos realizados de GRIDTICS relativos a Internet de las cosas

Nombre del proyecto: **Smart Grid San Martín.**

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) S/INC

Código del Proyecto.: ENOTIME0004087TC

Fecha de inicio y finalización. 01/01/2016 - 31/12/2017 Extensión de plazo al 31-12-2018

Director: Pablo Arena

Codirector: Gustavo Mercado

Nombre del proyecto: **Mendoza(s) Smart Cities: Diagnóstico y metodología para la implementación de *Internet of Things* en el planeamiento y desarrollo de ciudades inteligentes: Caso de estudio ciudad de Mendoza y ciudad de San Rafael.**

Tipo de Proyecto: UTN (PID TUTOREADO - FRSM)

Código del Proyecto.: ENTUNME0004275

Fecha de inicio y finalización. 01/04/2016 - 31/03/2018

Director: Gustavo Mercado

Codirector: Luis Álvarez

Integrante: Marcelo Ledda

Nombre del proyecto. **?RED SIPIA - Estudio a campo de red de sensores inalámbricos para adquisición de parámetros ambientales, de uso en investigaciones agronómicas y biológicas?**

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) C/INC

Código del Proyecto.: 25/J085 UTI1737

Fecha de inicio y finalización. Ene/2013 Dic/2014

Director: Gustavo Mercado

Nombre del proyecto: **RED SIPIA-LP: Estudio de mecanismos de bajo consumo energético para aplicar a una red de sensores inalámbricos en el ámbito de agricultura de precisión.**

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) C/INC

Código del Proyecto.: EIUTIME0003646TC

Fecha de inicio y finalización. 01/01/2015 - 31/12/2017

Director: Carlos Taffernaberry

Codirector: Gustavo Mercado

Nombre del proyecto: **PEACH: Predicción de heladas en un contexto de Agricultura de precisión usando machine learning.**

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) C/INC

Código del Proyecto: EIUTNME0004623

Fecha de inicio y finalización. 01/01/2017 - 31/12/2018

Director: MERCADO, GUSTAVO JOSÉ

Nombre del proyecto: **GW-CIAA-IoT: Gateway con CIAA para red inalámbrica de IoT.**

Entidades intervinientes: gridTICS

Fuente de Financiamiento: Proyectos de Innovación, Desarrollo y Adopción de la Computadora Industrial Abierta Argentina - Mincyt

Fecha de inicio y finalización: 2016/17

Coordinador gridTICS: Carlos Taffernaberry

Participantes gridTICS: Gustavo Mercado y becarios

Publicaciones

A. L. Diedrichs, F. Bromberg, D. Dujovne, K. Brun-Laguna and T. Watteyne, "Prediction of Frost Events Using Machine Learning and IoT Sensing Devices," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 6, pp. 4589-4597, Dec. 2018. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2867333

Using SmartMesh IP in Smart Agriculture and Smart Building Deployments: it Just Works. Keoma Brun-Laguna, Ana Laura Diedrichs, Thomas Watteyne, Diego Dujovne, Carlos Taffernaberry, Remy Leone, Xavier Vilajosana. Computer Communications journal, elsevier, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2018.03.010>.

frost: an R package - prediction of minimum temperature for frost forecasting in agriculture. Ana Laura Diedrichs, Facundo Bromberg and Diego Dujovne. LatinR, Conferencia Latinoamericana sobre el Uso de R en Investigación + Desarrollo. 47JAIO - LatinR - ISSN: 2618-3196. Páginas 18 y 19. URL http://47jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/LatinR_11.pdf

Abraham, L., F. Bromberg, and R. Forradellas, "Ensemble of shape functions and support vector machines for the estimation of discrete arm muscle activation from external biceps 3D point clouds", *Computers in Biology and Medicine*, pp. -, 2018.

Diaz C.A., Perez D. S., Miatello H., Bromberg F, *Grapevine buds detection and localization in 3D space based on Structure from Motion and 2D image classification*. Journal of Computers in Industry. Artículo enviado agosto 2017 en proceso de revisión.

Schlüter F., Strappa Y., Milone D., Bromberg F. Blankets Joint Posterior score for learning Markov network structures. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2017.10.018>, 10/2017

Perez D. S., Bromberg F., Diaz C.A., Image Classification of Grapevine Buds using Scale-Invariant Features Transform, Bag of Features and Support Vector Machines, *Computer and Electronics in Agriculture*, vol 135, pp 81-95, 04/2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.020>

PEACH: Predicting Frost Events in Peach Orchards Using IoT Technology. T. Watteyne, A. Diedrichs, K. Brun-Laguna, J. Chaar, D. Dujovne, J.C. Taffernaberry, G. Mercado. EAI Endorsed Transactions on the Internet of Things (journal), 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4108/eai.1-12-2016.151711>

Edera A., Schlüter F., Bromberg, F. ?Learning Markov networks with context-specific independences?, Int. J. Artif. Intell. Tools 23(6) pp 1460030 (2014). DOI: <https://doi.org/10.1142/S0218213014600306>

Schlüter F., Bromberg F., Edera, A. ?The I MAP Approach for Markov networks Structure Learning?. En Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, Abril 2014, 72(3), pp 197-223, doi 10.1007/s10472-014-9419-5.

Catania C. A., Bromberg F., Garcia Garino C. ?An autonomous labeling approach to SVM algorithms for network traffic anomaly detection.? Expert Systems with Applications Journal, 39 (2012) pp 1822-1829. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.068>

Margaritis D. and Bromberg F. ?Efficient Markov Network Discovery Using Particle Filters?. Computational Intelligence, 25:4, 367-394, September 2009. DOI: 10.1111/j.1467-8640.2009.00347.x

Bromberg F., Margaritis D. and Honavar V. ?Efficient Markov Network Structure Discovery using Independence Tests?. JAIR, 35, 449-485, July 2009. <http://dx.doi.org/10.1613/jair.2773>

Bromberg F. and Margaritis D. ?Improving the Reliability of Causal Discovery from Small Data Sets using Argumentation?. Journal of Machine Learning Research, Special Topic on Causality, 10(Feb), 301-340, 2009. <http://www.jmlr.org/papers/v10/bromberg09a.html>

Congresos

K. Brun-Laguna, A. L. Diedrichs, D. Dujovne, R. Léone, X. Vilajosana, T. Watteyne. (2016). (Not so) Intuitive Results from a Smart Agriculture Low-Power Wireless Mesh Deployment. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), Workshop on Challenged Networks (CHANTS), 7 October 2016, New York, NY, USA. DOI: <https://doi.org/10.1145/2979683.2979696>, ISBN: 978-1-4503-4256-8

K. Brun-Laguna, A. L. Diedrichs, J. E. Chaar, D. Dujovne, J. Taffernaberry, G. Mercado, Thomas Watteyne. (2016) A Demo of the PEACH IoT-based Frost Event Prediction System for Precision Agriculture. IEEE International Conference on Sensing, Communication and Networking (SECON), poster and demo session, Londres, Inglaterra, 27-30 Junio 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2016.7732963>

Abraham L., Bromberg F., Forradellas R. Arm muscular effort estimation from images using Computer Vision and Machine Learning. (2015) 1st International Conference on Ambient Intelligence and Health. Puerto Varas, Chile. LNCS 9456 (ISBN: 978-3-319-26507-0).

Edera A., Strappa Y., Bromberg F. ?The Grow-Shrink strategy for learning Markov network structures constrained by context-specific independences?. 14 th. Ibero-American Conference on Artif Intelligence (IBERAMIA), Santiago de Chile 11/2014.

Edera A., Schlüter F., Bromberg F. ?Markov random fields factorization with context-specific independencies?. ICTAI, Washington DC Nov 2013. Best (graduate) student paper award

Bromberg F., Schlüter F., Edera A. Independence-based MAP for Markov network structure discovery. 23rd International Conference on Tools with Artificial Intelligence. Nov 7-9 2011, Boca Raton, Florida, USA.

Bromberg F. y Schlüter F., "Variante de Grow Shrink para mejorar la calidad de Markov blankets", CLEI, Setiembre 2009, Pelotas, Brasil.

Gandhi P., Bromberg F. and Margaritis D.. ?Learning Markov networks using few independence tests?. Proc. of SIAM Data Mining 2008.

Bromberg F. and Margaritis D. ?Efficient and Robust Independence-based Markov Network Structure Discovery?. Proc of IJCAI-07, Hyderabad, India. pp 2431-2436.

Bromberg F., Margaritis D. and Honavar V. ?Efficient Markov Network Structure Discovery from Independence Tests?. Proceedings of SIAM Data Mining 2006, Bethesda, Maryland. pp.141-152.

Ribas A., Bromberg F., "Hacia un Formalismo Basado en Sistemas Multiagente para Evaluar Modelos de Organización Humanos. Caso de Estudio (I): Holacracy". WASI (Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes) en CACIC 2017, La Plata Octubre 2017

Diedrichs A.L., Robles M.I., Bromberg F., Mercado G., Dujovne D., ?Characterization of LQI behavior in WSN for glacier area in Patagonia Argentina?. Conferencia Argentina en Sistemas Embebidos, Buenos Aires, Argentina 2014.

Bromberg F., Perez, D. S., Interpolación Espacial Mediante o Aprendizaje de Máquinas en Viñedos de la Provincia de Mendoza, Argentina.. ASAI, UNLP, 2012.

Bromberg F., Perez, D. S., Segmentación de Imágenes en Viñedos para la Medición Autónoma de Variables Vítícolas.. CACIC-WASI, UNS Octubre, 2012.

Edera A., Bromberg F. Aprendizaje de Independencias Específicas del Contexto en Markov Random Fields. XVII CACIC. Octubre 2011, U de La Plata, Argentina.

Schlüter F., Bromberg F. and Abraham L. Strategies for piecing-together Local-to-Global Markov networks learning algorithms. ASAI 2011, Córdoba Agosto 2011.

Abraham L., Botta A., Fratte D., Ocaña P. Sistema SCADA para monitoreo y control de una central hidroeléctrica. CNEISI 2011, Córdoba 2011.

F. Schlüter, F. Bromberg.(2009). ¿Enfoque perturbativo para mejorar la calidad de modelos probabilísticos gráficos?. En: ¿V encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2009?, EnIDI 2009. Los Reyunos, San Rafael, Mendoza, Argentina. URL12

F. Bromberg, F. Schlüter.(2009). ¿Variante de Grow Shrink para mejorar la calidad de Markov blankets?. En: ¿XXXV Latin American Informatics Conference?, XXXV CLEI13, Pelotas, Brasil.

F. Bromberg, F. Schlüter.(2009). ¿Aprendizaje de estructuras de independencia de modelos probabilísticos gráficos?. En: ¿XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación? WICC 2009.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Estudiar, ensayar y proponer algoritmos de aprendizaje por refuerzo aplicados a sensores inalámbricos en aplicaciones IoT no críticas. Crear un prototipo software que facilite la experimentación, integración y aplicación de aprendizaje por refuerzo en aplicaciones del Internet de las cosas.

Objetivos específicos

- * Realizar un estudio de casos de aplicación del aprendizaje por refuerzo (RL) en el Internet de las cosas (IoT), para identificar escenarios, impacto, limitaciones, posibles mejoras y desafíos.
- * Experimentar y estudiar distintos enfoques RL con simuladores y escenarios de OpenAI Gym. Evaluar limitaciones y desafíos a considerar.
- * Determinar indicadores que permitan evaluar las mejoras obtenidas con la automatización para el caso de aplicación en edificios inteligentes (*smart building*)
- * Programar y evaluar las simulaciones y pruebas de conceptos con los indicadores construidos.
- * Construir un *toolkit*, software prototipo código abierto, sobre aprendizaje por refuerzo para IoT, basado (o no) en herramientas ya existentes, que permita incluir aprendizaje por refuerzo en nuevos aplicativos IoT de forma sencilla. Esto nos permitiría contrastar distintos algoritmos para evaluar su desempeño en diversos escenarios.
- * Publicar, transferir y capacitar sobre los conocimientos adquiridos vía esta investigación a la comunidad (universitaria y en general)
- * Programar un algoritmo/enfoque de RL para ser instalado en nodos inalámbricos (IoT), formando una red física real, para una aplicación *smart building*, por ejemplo, monitoreando variables de un edificio y gestionando algunos actuadores (prender/apagar luces, aire, o calefactor).
- * Evaluar los resultados del comportamiento general de la red simulada y real, contrastando con resultados.

Descripción de la metodología

En una primera etapa se realizará un relevamiento de los enfoques de RL existente y sus aplicaciones en IoT, para estudiar los algoritmos ya utilizados y determinar el enfoque o grupo de algoritmos a considerar.

Otro estudio necesario a realizar son todas las herramientas software open-source o librerías de aprendizaje por refuerzo disponibles. Dado nuestro enfoque, determinar cuál de ellas podrían ser más útil para el proyecto.

Luego de haber definido los algoritmos y la herramienta, quedan realizar los experimentos. Para ello es necesario determinar el enfoque experimental, es decir, el detalle con el que se llevarán a cabo las simulaciones: escenario de trabajo, número de nodos, tipo de transmisión, estados y acciones de los nodos, política de recompensa, entre otros.

Para poder evaluar los resultados es preciso tener en claro indicadores de desempeño y es importante su definición. Algunos indicadores usuales son: número de paquetes transmitidos, energía remanente, % de batería consumido, entre otros.

Además, proponemos implementar algunos el enfoque elegido en nodos físicos reales. GridTICs dispone de nodos OpenMote (<http://www.openmote.com/>), que pueden ser utilizados para este fin. Dichos nodos pueden ser programados usando ContikiOS o OpenWSN, que son herramientas código abierto. También se pueden utilizar camas de pruebas de redes inalámbricas de sensores como IoT Lab (<https://www.iot-lab.info/>).

Las distintas etapas de ejecución del proyecto van construyendo bloques de un software (pequeñas funcionalidades reutilizables) que facilite aplicar RL en aplicaciones IoT. Finalmente, proponemos organizar estos bloques en una única herramienta, como una librería primer versión prototipo, que pueda ser liberada o compartida con la comunidad.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Usualmente cuando las redes de sensores inalámbricas son instaladas, y vienen con acciones pre-configuradas, por ejemplo: sensar la temperatura cada 5 minutos, si detecta movimiento entonces prender luz, entre otras. Esto ocurre porque suponemos que conocemos el entorno y con la frecuencia que ocurren ciertos eventos. Pueden ocurrir que esas decisiones pre-programadas no sean

las más eficientes. Un nodo sensor que mide temperatura no utilizará la misma frecuencia de medición si se encuentra instalado en un refrigerador de un restaurant para asegurar cadena de frío, o en una línea de montaje industrial o si se encuentra en otro entorno donde la temperatura sufra menores cambios. Sin dudas los resultados de este proyecto sumarán a la construcción de una IoT auto-configurable, permitiendo mayor eficiencia energética, facilidad en la instalación y una mejor recuperación ante imprevistos o fallas en la red.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El grupo UTN GridTICs y el laboratorio DHARMA se caracteriza por la formación de recursos humanos tanto a nivel de posgrado como de grado, asistiendo a la formación de becarios doctorales, becarios graduados y becarios alumnos.

Este proyecto aportará a la formación doctoral del integrante Ing. Carlos Taffernaberry, quien es doctorando inscripto en la Universidad de Mendoza y de la Lic. Agustina Dinamarca, becaria doctoral CONICET. También se prevee la participación de becarios alumnos y graduados.

En el desarrollo del proyecto, considerando las tecnologías de punta que se utilizarán para el mismo, se realizarán talleres y mesas redondas, cuyo objetivo es la formación, intercambio y consolidación de las experiencias profesionales científicas y tecnológicas, de todos los recursos humanos involucrados.

Además, por tratarse de una experiencia piloto para los involucrados en cuanto a la experimentación que involucra tanto IoT como RL, se prevé la producción de diversos documentos técnicos y artículos científico-tecnológicos de relevancia para el área de la Internet of Things y Machine Learning. Los resultados y avances obtenidos pueden nutrir las cátedras de Inteligencia Artificial y Teleinformática, logrando una vinculación con los alumnos.

13. Cronograma de Actividades

| Año | Actividad | Inicio | Duración | Fin |
|-----|--|------------|----------|------------|
| 1 | Relevamiento de algoritmos de aprendizaje por refuerzo y su experimentación. | 01/01/2020 | 8 meses | 31/08/2020 |
| 1 | Gestionar compras de nodos IoT | 01/01/2020 | 6 meses | 30/06/2020 |
| 1 | Estudio de software (open source) sobre algoritmos de aprendizaje por refuerzo y experimentación. | 01/01/2020 | 6 meses | 30/06/2020 |
| 1 | Publicación en congresos sobre relevamientos realizados y resultados de la experimentación. | 30/06/2020 | 6 meses | 29/12/2020 |
| 2 | Diseñar e integrar las interfaces electrónicas de sensores y actuadores para los nodos IoT a usar en el prototipo de edificio inteligente. | 01/01/2021 | 3 meses | 31/03/2021 |
| 2 | Elección de enfoques candidatos de RL para Internet de las cosas. Determinación de métricas de evaluación. | 01/01/2021 | 2 meses | 28/02/2021 |
| 2 | Programar y ejecutar simulaciones necesarias. Determinación de escenario experimental e indicadores de evaluación. | 01/01/2021 | 6 meses | 30/06/2021 |
| 2 | Evaluar resultados de las simulaciones. | 01/06/2021 | 2 meses | 31/07/2021 |
| 2 | [LIBRERIA RL para IoT] Diseñar y programar un algoritmo RL en nodos IoT para aplicación de edificios inteligentes | 01/06/2021 | 6 meses | 30/11/2021 |
| 2 | Publicar en congresos o revistas académicas los resultados de los escenarios simulados. | 01/07/2021 | 6 meses | 31/12/2021 |
| 3 | Contrastar el comportamiento del aprendizaje por refuerzo en los nodos IoT en entorno smart building | 01/01/2022 | 4 meses | 30/04/2022 |
| 3 | Realizar publicaciones académicas y participación en congresos con los resultados encontrados | 01/04/2022 | 8 meses | 30/11/2022 |
| 3 | Contrastar resultados de simulaciones y entorno real. | 01/05/2022 | 2 meses | 30/06/2022 |
| 3 | Documentar y liberar bajo licencia open source, el prototipo software de RL para IoT construido | 01/07/2022 | 6 meses | 31/12/2022 |

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

| Grupo Vinc. | Apellido | Nombre | Cargo | Institución | Ciudad | Objetivos | Descripción |
|----------------------------|----------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------|--|--|
| Eva Lab | Watteyne | Thomas | INVESTIGADOR FORMADO | INRIA | Paris | Participación conjunta del proyecto STIC-AMSUD PEACH PrEcision Agriculture through climate researCH | Web del proyecto y resultados: www.savethepeaches.com |
| Universidad Diego Portales | Dujovne | Diego | INVESTIGADOR FORMADO | Universidad Diego Portales | Santiago de Chile | Co-director de la tesista del laboratorio DHARMA, la Ing. Ana Laura Diedrichs, y participación y colaboración en proyecto PEACH (PrEcisión Agriculture | Co-director de la tesista del laboratorio DHARMA, la Ing. Ana Laura Diedrichs, y participación y colaboración en proyecto PEACH (PrEcisión Agriculture |

| | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|----------|---|-----------------------|--|---|
| | | | | | | through climate research www.savethepeaches.com | through climate research www.savethepeaches.com |
| MLDL and Artificial Intelligence Lab (DTAI) | Davis | Jesse | DIRECTOR | Dept. of Computer Science - Katholieke Universiteit | Leuven, Bélgica | Realizar jornadas de intercambio académico entre laboratorios de investigación afines | Se realizaron jornadas de visita por universidades de Europa para generar intercambios académicos a través de los fondos de la SPU-MinEd para el programa "Misiones Académicas" |
| Intelligent Systems Group (ISG) | Lozano | José Antonio | DIRECTOR | Universidad del País Vasco | San Sebastián, España | Realizar jornadas de intercambio académico entre laboratorios de investigación afines, bajo el programa de Misiones Académicas del MinEd | Se realizaron jornadas de visita por universidades de Europa para generar intercambios académicos a través de los fondos de la SPU |
| Intelligent Systems Group (ISG) | Santana Hermida | Roberto | DIRECTOR | Universidad del País Vasco | San Sebastián, España | Realizar jornadas de intercambio académico entre laboratorios de investigación afines | Se realizaron jornadas de visita por universidades de Europa para generar intercambios académicos a través de los fondos de la SPU-MinEd para el programa "Misiones Académicas" |

15. Presupuesto

Total Estimado del Proyecto: \$ 0,00

15.1. Recursos Humanos - Inciso 1 e Inciso 5

Primer Año

| Becarios Inciso 5 | Cantidad | Pesos | Origen del financiamiento | |
|---|----------|-------------|---------------------------|---|
| 1. Becario Alumno Fac.Reg. | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 2. Becario Alumno UTN-SAE | 1 | \$ 11266,92 | Facultad Regional | - |
| 3. Becario Alumno UTN-SCTyP | 1 | \$ 14400,00 | UTN- SCTyP | - |
| 4. Becario BINID | 1 | \$ 31500,00 | UTN- SCTyP | - |
| 5. Becario Posgrado-Doctoral en el país | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 7. Becario Posgrado - Especialización | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 8. Becario Posgrado - Maestría en el país | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - | - |

| Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1 | Cantidad | Pesos |
|--|----------|--------------|
| 1.Administrativo | 0 | \$ 0,00 |
| 2.CoDirector | 1 | \$ 156000,00 |
| 3.Director | 1 | \$ 143000,00 |
| 4.Investigador de apoyo | 0 | \$ 0,00 |
| 5.Investigador Formado | 0 | \$ 0,00 |
| 6.Investigador Tesista | 0 | \$ 0,00 |
| 7.Otras | 0 | \$ 0,00 |
| 8.Técnico de Apoyo | 0 | \$ 0,00 |

| Totales | Inciso 5 | Inciso 1 | Total |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| Primer Año | \$ 57166,92 | \$ 299000,00 | \$ 356166,92 |

Segundo Año

| Becarios Inciso 5 | Cantidad | Pesos | Origen del financiamiento | |
|---|----------|-------------|---------------------------|---|
| 1. Becario Alumno Fac.Reg. | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 2. Becario Alumno UTN-SAE | 1 | \$ 14083,65 | Facultad Regional | - |
| 3. Becario Alumno UTN-SCTyP | 1 | \$ 18000,00 | UTN- SCTyP | - |
| 4. Becario BINID | 1 | \$ 39375,00 | UTN- SCTyP | - |
| 5. Becario Posgrado-Doctoral en el país | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 7. Becario Posgrado - Especialización | 0 | \$ 0,00 | - | - |

| | | | | |
|---|---|---------|---|---|
| 8. Becario Posgrado - Maestría en el país | 0 | \$ 0,00 | - | - |
| 9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - | - |

| Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1 | Cantidad | Pesos |
|--|----------|--------------|
| 1.Administrativo | 0 | \$ 0,00 |
| 2.CoDirector | 1 | \$ 195000,00 |
| 3.Director | 1 | \$ 178750,00 |
| 4.Investigador de apoyo | 0 | \$ 0,00 |
| 5.Investigador Formado | 0 | \$ 0,00 |
| 6.Investigador Tesista | 0 | \$ 0,00 |
| 7.Otras | 0 | \$ 0,00 |
| 8.Técnico de Apoyo | 0 | \$ 0,00 |

| | | | |
|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Totales | Inciso 5 | Inciso 1 | Total |
| Segundo Año | \$ 71458,65 | \$ 373750,00 | \$ 445208,65 |

Tercer Año

| Becarios Inciso 5 | Cantidad | Pesos | Origen del financiamiento |
|---|----------|-------------|---------------------------|
| 1. Becario Alumno Fac.Reg. | 0 | \$ 0,00 | - |
| 2. Becario Alumno UTN-SAE | 1 | \$ 17604,56 | Facultad Regional |
| 3. Becario Alumno UTN-SCTyP | 1 | \$ 22500,00 | UTN- SCTyP |
| 4. Becario BINID | 1 | \$ 49218,75 | UTN- SCTyP |
| 5. Becario Posgrado-Doctoral en el país | 0 | \$ 0,00 | - |
| 6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - |
| 7. Becario Posgrado - Especialización | 0 | \$ 0,00 | - |
| 8. Becario Posgrado - Maestría en el país | 0 | \$ 0,00 | - |
| 9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero | 0 | \$ 0,00 | - |

| Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1 | Cantidad | Pesos |
|--|----------|--------------|
| 1.Administrativo | 0 | \$ 0,00 |
| 2.CoDirector | 1 | \$ 243750,00 |
| 3.Director | 1 | \$ 223437,50 |
| 4.Investigador de apoyo | 0 | \$ 0,00 |
| 5.Investigador Formado | 0 | \$ 0,00 |
| 6.Investigador Tesista | 0 | \$ 0,00 |
| 7.Otras | 0 | \$ 0,00 |
| 8.Técnico de Apoyo | 0 | \$ 0,00 |

| | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| Totales | Inciso 5 | Inciso 1 | Total |
| Tercer Año | \$ 89323,31 | \$ 467187,50 | \$ 556510,81 |

| | | | |
|------------------|--------------|---------------|---------------|
| TOTAL GENERAL | Inciso 5 | Inciso 1 | Total General |
| Todo el Proyecto | \$ 217948,88 | \$ 1139937,50 | \$ 1357886,38 |

15.2 Bienes de consumo - Inciso 2

| Año del Proyecto | Financiación Anual | Solicitado a |
|------------------|--------------------|--------------|
| 1 | \$ 10.500,00 | UTN - SCTyP |
| 2 | \$ 10.500,00 | UTN - SCTyP |
| 3 | \$ 10.500,00 | UTN - SCTyP |

| | |
|----------------------------|--------------|
| Total en Bienes de Consumo | \$ 31.500,00 |
|----------------------------|--------------|

15.3 Servicios no personales - Inciso 3

| Año | Descripción | Monto | Solicitado a |
|-----|---|-------------|--------------|
| 1 | viáticos a congresos | \$ 7.000,00 | UTN - SCTyP |
| 2 | inscripciones a congresos | \$ 7.000,00 | UTN - SCTyP |
| 3 | viáticos presentaciones en congresos o revistas | \$ 7.000,00 | UTN - SCTyP |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Total en Servicios no personales | \$ 21.000,00 |
|----------------------------------|--------------|

15.4 Equipos - Inciso 4.3 - Disponible y/o necesario

| Año | Disp/Nec | Origen | Descripción | Modelo | Otras Espec. | Cantidad | Monto Unitario | Solicitado a |
|------------------|-----------|------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------|----------------|--------------|
| 1 | Necesario | extranjero | nodos sensores inalámbricos - IoT | OpenMote o Texas Instrument - a definir | kits de desarrollo | 1,00 | \$ 17.500,00 | UTN - SCTyP |
| 2 | Necesario | extranjero | nodos sensores inalámbricos - IoT | OpenMote o Texas Instrument - a definir | kits de desarrollo | 1,00 | \$ 17.500,00 | UTN - SCTyP |
| 3 | Necesario | extranjero | nodos sensores inalámbricos - IoT | OpenMote o Texas Instrument - a definir | kits de desarrollo | 1,00 | \$ 17.500,00 | UTN - SCTyP |
| Total en Equipos | | | | | | \$ 52.500,00 | | |

15.5 Bibliografía de colección - Inciso 4.5 - Disponible y/o necesario

| Año | Disp/Nec | Origen | Descripción | Modelo | Otras Espec. | Cantidad | Monto Unitario | Solicitado a |
|-----------------------|------------|----------------------------|--|--------|---|----------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Empirical Methods for Artificial Intelligence | 1995 | 1era edición | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Multi-agent systems an introduction to distributed | 1999 | Jaques Ferber | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Beyond Artificial Intelligence: The disappearing Human-Machine Divide | 2015 | Romportl, Jan and Zackova, Seleccione Eva and Kelement, Jozef | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Artificial Intelligence: a modern approach | 1995 | Stuart Russell, Peter Norvig | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Decision Support Systems and Intelligent Systems | 2006 | Turban, Aronson, Liang | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (Sensing, processing and using environmental informati | 2015 | Juan M. Garcia-Chamizo, Seleccione Giancarlo Fortino, Sergio F. Ochoa | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | extranjero - idioma inglés | Reasoning about uncertainty | 2005 | Joseph Y. Halpern | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| Total en Bibliografía | | | | | | \$ 0,00 | | |

15.6 Software - Disponible y/o necesario

| Año | Disp/Nec | Origen | Descripción | Modelo | Otras Espec. | Cantidad | Monto Unitario | Solicitado a |
|-------------------|------------|--------------------|--|----------------------|--|----------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | Disponible | R | R project | versión 3.6 año 2019 | licencia open source | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | Rstudio | Rstudio | 2019 | licencia open source | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | Open AI Gym | simulador y entorno de algoritmos RL en Python | 2019- | licencia open source | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 1 | Disponible | Project Jupyter | Jupyter | 2019 - 2020 | cuadernos de salida interactiva para vincular código, gráficas y ejecución experimental. | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| 2 | Disponible | Contiki OS project | Sistema operativo Contiki para IoT y simulador Cooja | 2019 - 2020 | licencia open source | 1,00 | \$ 0,00 | Seleccione origen de financiamiento |
| Total en Software | | | | | | \$ 0,00 | | |

16. Co-Financiamiento

| Año | RR.HH. | Bienes de Consumo | Equipamiento | Servicios no personales | Bibliografía | Software | Total |
|-----------|----------------|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|----------|----------------|
| 1 | \$356.166,92 | \$10.500,00 | \$17.500,00 | \$7.000,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$391.166,92 |
| 2 | \$445.208,65 | \$10.500,00 | \$17.500,00 | \$7.000,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$480.208,65 |
| 3 | \$556.510,81 | \$10.500,00 | \$17.500,00 | \$7.000,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$591.510,81 |
| Total del | \$1.357.886,38 | \$31.500,00 | \$52.500,00 | \$21.000,00 | \$0,00 | \$0,00 | \$1.462.886,38 |

| | | | | | | | |
|----------|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|-----------------|
| Proyecto | \$ 1.537.000,00 | \$ 1.500,00 | \$ 2.500,00 | \$ 2.000,00 | \$ 0,00 | \$ 0,00 | \$ 1.402.000,00 |
|----------|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|-----------------|

| | |
|--|------------------------|
| Financiamiento de la Universidad | |
| Universidad Tecnológica Nacional - SCyT | \$ 299.437,50 |
| Facultad Regional | \$ 1.187.665,43 |
| Financiamiento de Terceros | |
| Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.) | \$ 0,00 |
| Organismos / Empresas Internacionales / Extranjeros | \$ 0,00 |
| Entidades privadas nacionales (Empresas, Fundaciones, etc.) | \$ 0,00 |
| Otros | \$ 0,00 |
| Total | \$ 1.487.102,93 |

Avales de aprobación, Financiamiento y Otros

| | Orden | Nombre de archivo | Tamaño |
|---------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| Descargar | 1 | Escaneado_20190531-1844.pdf | 1498714 |

Currículums (Currículums de los integrantes cargados en el sistema)