

# SISTEMA SATELITAL DE COLECTA DE DATOS AMBIENTALES (DCS)

ADRIÁN CARLOTTO, JOSÉ MARÍA JUÁREZ

UIDET GRIDCOMD: GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
Y DESARROLLO EN COMUNICACIONES DIGITALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas satelitales de recolección de datos (DCS, Data Collection System), adquieren datos provenientes de plataformas autónomas (DCP, Data Collection Platforms) que transmiten a un satélite geoestacionario (GEO) o a un satélite de órbita baja (LEO) que pasa cerca de su ubicación periódicamente. Si el receptor de los datos transmitidos desde las DCP forma parte de la carga útil de un satélite LEO de órbita polar, entonces se tiene cobertura global.

Las DCP pueden estar ubicadas en la superficie terrestre, en animales, sobre boyas fijas y móviles en los océanos, en globos en la atmósfera. En general, se ubican en lugares remotos de difícil acceso y que, a menudo, no cuentan con servicios de comunicaciones de datos comerciales alternativos (Figura 1). Los datos recolectados contienen la información de los parámetros ambientales que se deseen conocer; en particular, referidos a la condición local del agua: precipitaciones, nivel, y caudal de ríos, altura de napas, y cualquier parámetro ambiental y meteorológico.

A nivel global conviven diferentes sistemas DCS satelitales. Es así como, por ejemplo, el NOAA GOES Data Collection System es un

sistema implementado por la NOAA de los EEUU, basado en satélites GEO a una altura de aproximadamente 36000km, en el plano del ecuador terrestre. Por otro lado, instrumentado por la agencia espacial francesa (CNES), la NASA y la NOAA de los EEUU opera el sistema Argos, basado en satélites LEO. En Latinoamérica, el sistema SCD (Sistema Coleta Dados) implementado por el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de Brasil, es utilizado a nivel del país. Los satélites de órbita baja operan a una altura de aproximadamente 700km. Cada uno de los sistemas DCS mencionados poseen sus propias características y prestaciones. En estos últimos años, asistimos a un cambio de paradigma respecto a los sistemas de telecomunicaciones satelitales. En un principio, estos se basaban en satélites geoestacionarios debido a la disponibilidad permanente del enlace. Actualmente, con el auge de grandes constelaciones de satélites LEO de pequeño porte, se brinda servicio sin interrupciones, debido a que siempre habrá un satélite disponible en vista del usuario. Las ventajas que esto implica incluyen una menor distancia a cubrir y, por lo tanto, será necesaria una menor potencia en la transmisión. Por la misma causa, el retardo entre transmisión y recepción será menor.

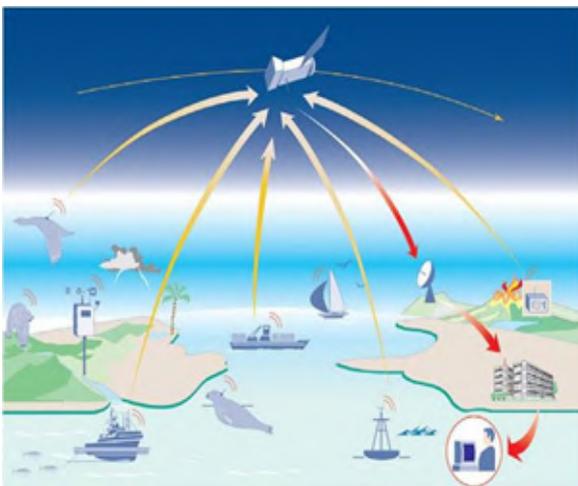


Figura 1 – Distintos componentes de los sistemas DCS satelitales (fuente: Argos, CONAE)

Teniendo en cuenta esto último, en lo que sigue nos centraremos en los sistemas satelitales de recolección de datos, basados en satélites LEO.

Dado que las DCP son autónomas y se ubican en lugares remotos y de difícil acceso, los requerimientos de consumo de energía son restrictivos. Esto resultará en que puedan ser alimentadas desde una batería asociada a un pequeño panel solar. Las plataformas "susurrar" (transmiten con muy baja potencia) y el "oído" (receptor) que las "escucha" en los satélites es extremadamente sensible.

Los sistemas DCS satelitales se componen de tres segmentos: el espacial, el terrestre y el segmento de usuario. Al primero lo conforman todos los instrumentos pertenecientes al sistema, que forman parte de la carga útil de los satélites. El segmento terrestre consiste en las facilidades para la recepción de la bajada desde los satélites y la puesta a disposición de los datos a los usuarios de ciencia. Las Estaciones Terrenas del sistema realizan la recepción, validación y la puesta en línea de los datos recolectados desde las plataformas. Éstos son guardados en memoria del satélite hasta su bajada. En Argentina, se utilizan las estaciones en el Centro Espacial Teófilo Tabanera (CETT) en la Pcia. de Córdoba y la ubicada en Tolhuin, Pcia. de Tierra del Fuego; ambas de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Está proyectada la futura instalación de una estación en territorio antártico argentino, donde la revisita de los satélites de órbita polar del sistema se produce con mayor frecuencia. Finalmente, el segmento de usuario está conformado por las DCP. Las mismas incluyen a los terminales transmisores de plataforma (PTT), al módulo de adquisición de datos (DAQ), al módulo de alimentación y a la antena. Los sensores entregan los valores de las diferentes variables medioambientales medidas al módulo DAQ el que les da formato, según la estrategia de toma de datos establecida por los usuarios de ciencia.

## **RECOLECCIÓN SATELITAL DE DATOS EN ARGENTINA.**

Argentina posee una superficie en territorio de 3.669.711 km<sup>2</sup>, de los cuales 2.780.085 km<sup>2</sup> corresponden a la Argentina continental, 873.718 km<sup>2</sup> al sector Antártico (incluyendo las Islas Orcadas del Sur), y 15.908 km<sup>2</sup> a las islas del Atlántico Sur (incluyendo las Islas Malvinas, Georgias del Sur y Sandwich del Sur). El país tiene un litoral marítimo de 4.725 km. de longitud, que se suman a los 11.325 km de las costas de la Antártida Argentina e islas australes. Los espacios marítimos argentinos continentales, insulares y antárticos representan una superficie de 6.683.000 km<sup>2</sup>. Argentina es el octavo país en superficie a nivel global, claramente con un gran litoral marítimo y con una baja densidad poblacional. Según los informes de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el país se constituye en la segunda reserva de gas natural no convencional y la cuarta en petróleo (shale oil) a nivel global. De igual importancia son las reservas de agua dulce, de las sales de litio y demás minerales. La gestión sustentable de este patrimonio natural constituye un objetivo nacional de carácter estratégico. Para ello, es necesario contar periódicamente con información actualizada de las diferentes variables y estados de los sistemas.

La utilización de sistemas satelitales de recolección de datos, representa un método efectivo para contar con información cierta a la hora de planificar y tomar decisiones. El uso de servicios internacionales, conlleva la importación del equipo en tierra, además del pago del abono del servicio por cada usuario de ciencia. Esto representa salida de divisas del país, pérdida de independencia en la estrategia de toma de datos y bajo desarrollo tecnológico nacional.

En nuestro país, tuvimos una primera experiencia, con un instrumento diseñado específicamente para el seguimiento de la ballena franca austral (Whale Tracker). Dicho

instrumento formó parte de la misión satelital argentina SAC-C de la CONAE. El sistema no era compatible con los sistemas internacionales y no fue utilizado masivamente.

A partir del año 2004, la actividad satelital recibió un impulso y el país enfrentó nuevos desafíos. Respecto a la implementación de un sistema nacional de recolección de datos satelital, la CONAE decidió que, para la misión SAC-D/Aquarius (CONAE/NASA), el sistema DCS argentino sea compatible con los más utilizados a nivel global. Fue en ese año, que la UIDET GrIDComD de la Facultad de Ingeniería de la UNLP (FIUNLP), comenzó a trabajar en el tema. El líder del grupo de trabajo y fundador de la UIDET GrIDComD fue el Prof. Ing. Hugo Enrique Lorente, quien participó en múltiples desarrollos en el campo de las telecomunicaciones y quien, por esos días, participaba del equipo que desarrollaba un receptor del sistema de posicionamiento global GPS, para uso en satélites, en conjunto con el Prof. Dr. Carlos Horacio Muravchik. Este desarrollo formó parte de la carga útil del satélite SAC-D en el denominado TDP (Technological Demonstration Package).

Se decidió entonces, implementar un DCS nacional que sea compatible con los sistemas Argos y SCD. El receptor del sistema, ubicado en el satélite, debía poder recibir las transmisiones realizadas desde estos sistemas

además de los transmisores del sistema nacional. El diseño del receptor incluiría a una etapa de RF analógica y a otra etapa de procesamiento, la que se encargaría de la detección, demodulación y recuperación de los datos utilizando técnicas de SDR (radio definida por programa o Software Defined Radio).

El sistema DCS argentino resultó en un sistema donde la señal se recibe y procesa a bordo del satélite. Los datos obtenidos se almacenan en memoria, para luego ser transmitidos a alguna estación terrena del sistema (Store & Forward). Debido a ello, es posible recibir plataformas propias o pertenecientes a los otros sistemas, desde cualquier ubicación del planeta.

El receptor de vuelo DCS fue diseñado e implementado totalmente en la FIUNLP, donde también se realizaron parte de las pruebas ambientales a nivel instrumento. El personal del GrIDComD participó en las pruebas ambientales en el CETT, en la integración a la plataforma en INVAP Bariloche y luego en la campaña de pruebas ambientales a nivel satélite en el Laboratorio de Integración y Test (LIT) que el INPE posee en la ciudad de São José dos Campos, SP, Brasil. A posteriori, el satélite SAC-D/Aquarius (CONAE/NASA) fue trasladado a la base Vandenberg en California, EEUU, donde ingenieros del GrIDComD realizaron los test funcionales al instrumento

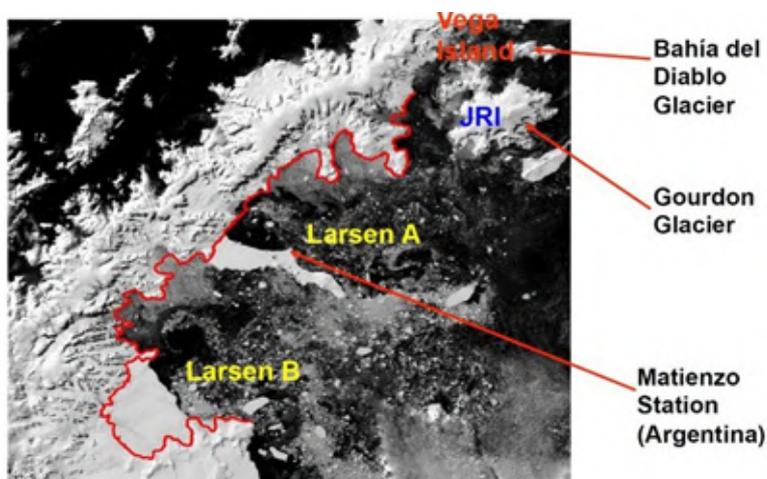


Figura 2. Ubicaciones de plataformas recolectoras de datos en Territorio Antártico argentino. Misión satelital SAC-D (CONAE, IAA)

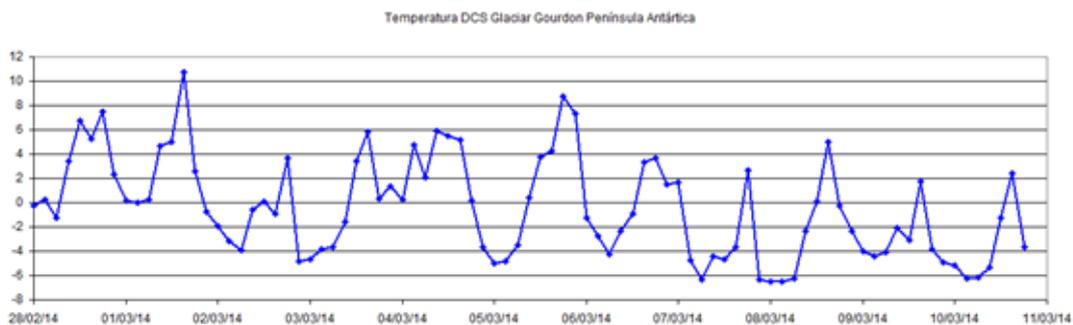


Figura 3. Instalación de equipos (IAA) y medida realizada en el Glaciar Gourdon utilizando el Sistema DCS argentino implementado por el GridComD-FIUNLP (CONAE, IAA).

pre y post integración al lanzador Delta II de la empresa ULA (United Launch Alliance). El satélite fue puesto en órbita, de forma exitosa, el día 10 de junio de 2011. Debido a este acontecimiento, en Argentina se celebra el Día Nacional del Desarrollo Científico y Tecnológico Espacial, ese mismo día. El receptor DCS se encendió con éxito el 31 de agosto de 2011 a las 10:42hs UTC. Luego de la puesta en funcionamiento del instrumento (commissioning), comenzamos a transmitir desde la FIUNLP para verificar la correcta recepción de datos de ciencia variando los parámetros de transmisión. Finalmente, la CONAE distribuyó transmisores del sistema a los diferentes organismos de ciencia interesados. Este instrumento multi-sistema, recibió datos enviados desde estaciones argentinas como

así también desde plataformas del sistema brasileño SCD y desde plataformas del sistema Argos. Las plataformas que enviaban los datos se encontraban ubicadas en diferentes sitios del planeta. Cada vez que el satélite estaba a la vista de la ETC (Estación Terrena Córdoba) de la CONAE, se descargaban y validaban los datos para luego ponerlos en línea a disposición de los usuarios. Uno de los ejemplos de uso del sistema instrumentado en la misión SAC-D consistió, en la medición de parámetros en las estaciones argentinas en territorio antártico (Fig. 2). En la (Fig. 3) se muestra la instalación de la plataforma de recolección de datos en el Glaciar Gourdon por parte del personal de Instituto Antártico Argentino (IAA) y los datos de temperatura transmitidos en un período de

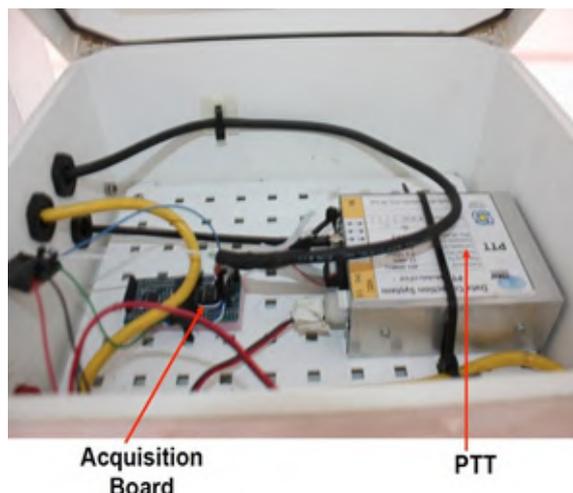


Figura 4. Equipos instalados en Territorio Antártico argentino. PTT diseñado e implementado por el GrIDComD-FIUNLP, para el sistema DCS nacional (CONAE, IAA).

tiempo. Los usuarios de ciencia, en numerosas ocasiones, optan por instalar dispositivos de almacenamiento (memorias físicas) que luego son recuperadas para realizar el análisis de los datos adquiridos. En territorio antártico, esto ocurre durante cada campaña de verano, en las boyas fijas o móviles en los océanos, periódicamente mediante el uso de alguna embarcación. Esto trae aparejados costos por movilización de equipo, personal, seguros y la demora en el procesamiento de los datos. Un sistema DCS nacional contribuye a obtener datos sin los riesgos en vidas y gastos para las instituciones de ciencia. En la (Fig. 3) también se observa que los científicos del IAA obtenían, en promedio, siete mediciones diarias desde el glaciar Gourdon, disponibles en línea, con una pequeña demora desde su adquisición.

Para la conformación de las DCP, se utilizaron transmisores PTT diseñados e implementados en el GrIDComD-FIUNLP para la CONAE (Fig. 4).

En la actualidad, son notorios los efectos del calentamiento global, debido al aumento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano, el vapor de agua, etc. Como consecuencias directas podemos mencionar, la pérdida de hielos marinos y continentales, la pérdida de glaciares, el aumento del nivel

del mar, el aumento de los eventos meteorológicos extremos, la modificación en los parámetros de las corrientes marinas, la acidificación de los océanos y generalizando, los cambios sobre la biosfera toda. Sólo basta con referirse a los informes del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) de las Naciones Unidas que año a año resumen y evalúan las diferentes investigaciones y resultados en la temática.

Las evidencias de estos cambios abruptos, en escala de tiempo planetaria, son notorias. También lo es su origen antropogénico. Los informes del IPCC se basan en investigaciones que utilizan, en gran medida, instrumentación satelital. El sistema DCS nacional transmitió los datos, durante un evento de temperatura extrema en territorio antártico (Base antártica argentina Matienzo) ocurrido el 24 de marzo de 2015 con un valor pico de temperatura de 17,5 °C (Fig. 5).

El sistema, fue utilizado entre otros por la Universidad Nacional de Tucumán para estudiar la ionósfera, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) del CONICET, la UTN sede Mendoza, el Centro Nacional de Investigaciones Agrarias (CNIA), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, el Departamento General de Irrigación de Mendoza, etc.

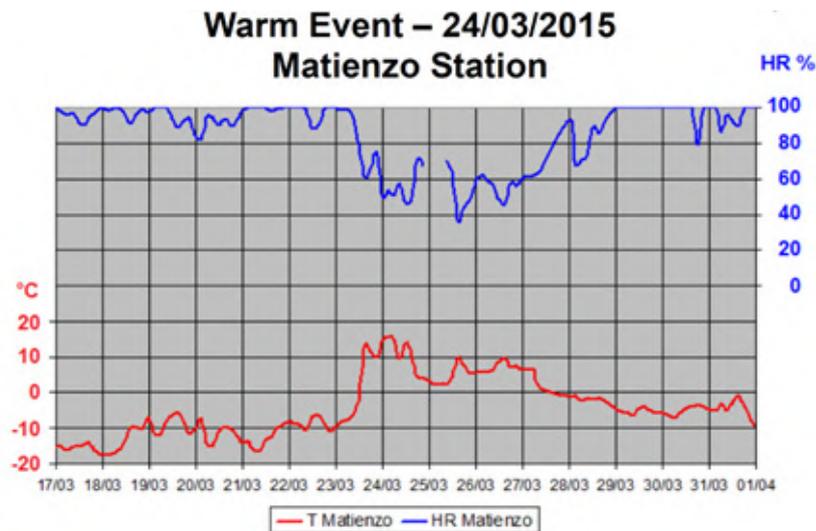


Figura 5. Evento de temperatura extrema (en rojo) en Territorio Antártico  
 Datos recolectados por Sistema DCS del satélite SAC-D (GrIDComD, CONAE, IAA).

El sistema, fue utilizado entre otros por la Universidad Nacional de Tucumán para estudiar la ionósfera, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) del CONICET, la UTN sede Mendoza, el Centro Nacional de Investigaciones Agrarias (CNIA), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, el Departamento General de Irrigación de Mendoza, etc.

## MIRANDO AL AGUA

Específicamente, los sistemas DCS satelitales cumplen un rol muy importante en el estudio del ciclo del agua planetario. Nuestro país está integrado por una gran superficie marítima, de ríos y lagos. Ecosistemas cubiertos de nieve y hielo. Los sistemas DCS pueden adquirir los datos correspondientes a parámetros ambientales tomados por sensores que se ubiquen en boyas fijas o a la deriva en el mar o en las aguas interiores. Por ejemplo, pueden transmitir los datos de Temperatura Superficial del Mar (SST) en diferentes ubicaciones. Anomalías en los valores de SST, son utilizados para detectar fenómenos como “El Niño” y “La Niña”. También podrían adquirirse los niveles de altura del mar sobre todo el litoral marino y de ríos.

El calentamiento global está produciendo la pérdida de hielo continental, lo que produce el aumento del nivel del mar. Este efecto se ve acrecentado por el calor en exceso que es absorbido por los océanos, que producen su dilatación térmica. Por este mismo efecto y por la mayor absorción de dióxido de carbono, el pH del mar está disminuyendo, por lo que se está volviendo más ácido. Sensores de pH pueden ubicarse en boyas ubicadas en sitios característicos de nuestro mar. Lo mismo para la Salinidad Superficial del Mar (SSS) que puede utilizarse para estimar parámetros de las corrientes marinas que transportan calor y nutrientes desde el ecuador hacia los polos.

A través de los sistemas DCS satelitales, podría hacerse un seguimiento de los cambios experimentados por los glaciares y hielos de montaña y la evaluación del efecto de aumento de agua dulce en el océano. Podrían supervisarse el estado de las fuentes de agua dulce superficiales y subterráneas respecto a calidad y contenido de minerales y contaminantes como agrotóxicos utilizados en agricultura intensiva.

Podrían anticiparse crecidas en ríos y lagos debido al seguimiento del deshielo en altura. Adquirir datos de cantidad de lluvia y

duración de los eventos. Del mismo modo, adquirir datos de humedad de suelo en diferentes zonas de nuestro territorio. Detectar eventos de exceso o de falta (sequías) lo que trae aparejado pérdidas económicas por disminución de exportaciones de producción agropecuaria.

Es posible adquirir datos del nivel de nieve acumulada en la cima de los Andes en su extensión, pudiéndose prever la cantidad de agua para consumo y riego disponible durante primavera-verano.

En resumen, contar con un sistema satelital DCS nacional permite contar con información sobre cualquier variable referida al agua en sus diferentes estados, que permita tomar decisiones con la anticipación suficiente para optimizar su gestión.

## **EQUIPO DE TRABAJO Y TAREAS A FUTURO**

El grupo de trabajo, en principio funcionaba en el ámbito del Departamento de Electrotecnia de la FIUNLP como "Área Comunicaciones". En ese entonces, el grupo era liderado por el Ing. Lorente, y estaba integrado por el Ing. Gerardo Sager, el Ing. José Juárez y los hoy doctores y docentes/investigadores en el Instituto Balseiro Pablo Costanzo Caso y Laureano Bulus Rossini. En el año 2004 se integró el Ing. Adrián Carlotto. A partir del año 2008 se conformó la UIDET GrIDComD cuyo fundador y primer coordinador fue el Ing. Lorente. Durante el período de trabajos en el receptor de vuelo del sistema DCS para la misión SAC-D, se incorporó el hoy Dr. Juan Ignacio Fernández Michelli. El Ing. Sager sucedió al fundador de la UIDET en la coordinación hasta el año 2019.

En la actualidad, el GrIDComD – FIUNLP es coordinado por el Ing. Carlotto. El grupo se encuentra trabajando en la versión de vuelo del receptor DCS para el próximo satélite de observación de la Tierra argentino: SABIAMar A. En el mismo sentido, el GrIDComD-FIUNLP trabaja en el desarrollo de un Transmisor Definido por Software (SDTx) para que integre un nuevo diseño de los PTT

y que, en una próxima versión, permita la incorporación de otro tipo de modulaciones, como las utilizadas en los actuales sistemas IoT (Internet of Things).

La misión SABIA-Mar de la CONAE se enfocará en el estudio de los mares a nivel global, y especialmente en las regiones costeras de la Argentina y Sudamérica, hasta los 650 km mar adentro, además de incluir a las aguas interiores. Su principal objetivo es proveer información y productos para el estudio de la productividad primaria del mar, los ecosistemas marinos, el ciclo del carbono, la dinámica de las aguas costeras, el manejo sostenible de los recursos pesqueros y la calidad del agua en costas y estuarios. Sus instrumentos van a permitir monitorear las costas argentinas y sudamericanas con una muy buena resolución espacial, de 200 metros, generando información única, que hoy no existe sobre el Mar Argentino.

La misión va a formar parte del programa Pampa Azul. SABIA-Mar va a generar datos muy importantes para distintos organismos e instituciones vinculados con esta iniciativa y para revalorizar el trabajo científico asociado al Mar Argentino.

Finalmente, toda la experiencia adquirida durante la participación en los diferentes proyectos se propaga en las aulas de nuestra Facultad de Ingeniería y llega a nuestros estudiantes. Esta realimentación permite al país contar con desarrollos propios, fruto de la inversión en educación y a los jóvenes estudiantes, la experiencia de participar en diseño de sistemas reales, que servirán a la comunidad que sostiene su Universidad.