

Optimización del transporte de caudales en el marco de la vinculación entre FAMAF-UNC y Tarjeta Naranja SA

Pedro A. Pury¹, Gustavo Nardone², Cecilia Marcone², Silvina Baudino², Pedro I. E. Denaro², Martín Easdale², Nicolás Jares^{1*}, Luis Biedma¹, and Damián Fernández^{1,3}

¹ Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación
Universidad Nacional de Córdoba
Ciudad Universitaria, X5000HUA Córdoba, Argentina
<https://www.famaf.unc.edu.ar>

{pury, jares, lbiedma, dfernandez}@famaf.unc.edu.ar

² Tarjeta Naranja SA

Casa Naranja, La Tablada 451, X5000FEK, Córdoba, Argentina
<https://www.naranja.com>

{gustavo.nardone, cecilia.marcone, silvina.baudino,
pedro.denaro, martin.easdale}@naranja.com

³ CIEM-CONICET, Córdoba, Argentina

Resumen Aprovechando el vínculo institucional establecido entre Naranja y FAMAF-UNC, formalizado desde fines de 2018, desde la empresa se planteó la necesidad de optimizar el envío de camiones de la empresa transportadora de caudales para retirar las recuadaciones de efectivo acumuladas en las más de 180 sucursales de la empresa distribuidas en todo el territorio del país. En primera instancia, el requerimiento fue de minimizar el costo logístico y luego de minimizar el costo total incorporando también el costo financiero de los montos inmovilizados en las sucursales. Se proveyó una solución empleando programación lineal y una implementación en Python basada en un *solver open source*. Se lograron tiempos de procesamiento de minutos para reemplazar una tarea manual que requería decenas de horas-persona de trabajo mensuales.

Keywords: Universidad-Industria · I+D · Programación lineal · Logística.

1. Introducción

1.1. Institución y Empresa

FAMAF-UNC creada en noviembre de 1956 por iniciativa del Dr. Enrique Gaviola como Instituto de Matemática, Astronomía y Física (IMAF) dependiente del rectorado de la Universidad Nacional de Córdoba, en el seno del Observatorio

* Becario de doctorado SeCyT-UNC

Astronómico de Córdoba, se convierte en Facultad a fines de 1983. A partir de 2018 toma el nombre de Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación. La FAMAFA se caracteriza por su fuerte impronta en investigación básica, tiene una planta de aproximadamente 300 docentes, 2800 estudiantes de grado y 300 estudiantes de posgrado. Desde septiembre de 2013 cuenta con una Oficina de Vinculación Tecnológica (OVT) con la misión de establecer el vínculo con el medio productivo local y regional para aportar a la resolución de problemas concretos de base científico-tecnológica. A través de la OVT se canalizan proyectos de I+D+i, consultorías técnicas y capacitaciones *ad hoc* para la industria.

Tarjeta Naranja SA es la empresa líder en emisión de tarjetas de crédito del país. Actualmente está evolucionando para consolidarse como un ecosistema de servicios basados en la tecnología, con la misión de facilitar la vida de sus clientes a través de experiencias únicas. Nació en Córdoba, Argentina en 1985, como medio de pago para las cuentas corrientes de la casa de deportes Salto 96 fundada por dos profesores de Educación Física, David Ruda y Gerardo Asrin. En 1995, Banco Galicia se convirtió en su accionista y favoreció su expansión hacia todo el país. Hoy, con 9 millones de plásticos, emite Tarjeta Naranja, Tarjeta Naranja Visa, Tarjeta Naranja Mastercard y Tarjeta Naranja American Express. Su filosofía de trabajo basada en la amistad, el respeto y la comunicación la posicionan entre las compañías con mejor clima laboral en Argentina.

1.2. Historial del vínculo

A partir de las reuniones llevadas a cabo durante 2018 sobre *Sinergia Universidad-Industria* entre la empresa y profesionales de la FAMAFA y Centro de Computación de Alto Desempeño de la UNC, se planteó la necesidad de trabajar conjuntamente para abordar distintas problemáticas propias de la empresa crediticia que involucran I+D y transferencia de saberes básicos en el ámbito industrial. El vínculo se formalizó mediante un convenio específico de colaboración técnica [1] y el primer problema abordado se enmarcó dentro del área de Computación de Alto Desempeño (HPC) a fin de optimizar un proceso en lotes que produce los resúmenes de cuenta [2].

A comienzos de noviembre de 2019 se organizó un desayuno de trabajo entre el área de Analítica de la empresa y la OVT de FAMAFA para plantear nuevos temas de trabajo conjuntos, a partir de lo cual en diciembre se definió un problema propio de un área de logística. Para dar respuesta a esa problemática, en FAMAFA se constituye un grupo *ad hoc* de matemática aplicada y se agendó una reunión en sede de la empresa el 20 de diciembre de 2019, para poner en contacto directo al grupo con el *squad* de la empresa que presenta el problema.

En la reunión se elicitaron los requerimientos integrales de la problemática, a partir de ellos se definió un problema específico para lo cual, a comienzos de enero de 2020, se presentó un plan de trabajo con su presupuesto. Una vez aceptado el presupuesto, el 17 de febrero tuvo lugar el *kick-off* oficial del proyecto.

1.3. Motivación del proyecto

El squad de Pagos Físicos y Migración tiene como uno de sus objetivos minimizar los costos relacionados con la recaudación. Entre esas tareas cuenta la planificación mensual y la operatoria diaria del retiro del efectivo ingresado en las más de 180 sucursales de la empresa, para las cuales, en más de 50 de ellas el servicio de transporte de caudales realiza recorridos interurbanos.

Desde los comienzos de la empresa, la tarea se viene realizando de forma manual, insumiendo su planificación más de 40 horas–persona al mes sin considerar costo financiero. La planificación se ejecuta a través de una planilla de Microsoft Excel®), donde el operador humano usa su *expertise* de dominio para encontrar la mejor solución, en términos de minimizar el costo logístico.

El crecimiento del número de sucursales, con las restricciones que imponen al problema la capacidad de atesoramiento de las sucursales, las rutas de recolección y los días hábiles disponibles para cada sucursal, dificultan progresivamente encontrar una solución óptima. Esto, sumado al creciente costo logístico del transporte de caudales, convierten a la búsqueda de la solución óptima en misión crítica y se requiere automatizar el proceso de búsqueda. Adicionalmente, se requiere optimizar el costo logístico conjuntamente con el costo financiero de los valores inmovilizados hasta su retiro, lo que vuelve la tarea sumamente engorrosa para ejecutar manualmente.

1.4. Naturaleza de la vinculación

El vínculo específico establecido para esta colaboración universidad–empresa se describe como I+D y transferencia tecnológica.

2. Metodología del Proyecto

2.1. Modalidad de trabajo

El desarrollo del plan de trabajo se llevó a cabo en dependencias de la FAMAF y para mantener un canal de comunicación continuo, tanto Naranja como FAMAF designaron un responsable de proyecto de cada parte y a través de ellos se canalizó la comunicación entre los equipos y la coordinación de las reuniones.

2.2. Equipos de trabajo

El personal de la empresa afectado al trabajo y los docentes de la FAMAF, junto a sus roles en el proyecto, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Personas involucradas en el proyecto

| Personal de Naranja involucrado | | Roles en el equipo de FAMAF | |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------|------------------|
| Nombre | Squad | Nombre | Rol |
| Gustavo Nardone | PFM* | Damián Fernández | Technical Leader |
| Cecilia Marcone | PFM* | Luis Biedma | Developer |
| Silvina Baudino | PFM* | Nicolás Jares | Developer |
| Pedro Denaro | Analítica | Pedro Pury | Project Manager |
| Martín Easdale | Analítica | | |

* Pagos Físicos y Migración

2.3. Ejecución del Proyecto

Para la ejecución del proyecto se propuso una dinámica con cuatro sprints de trabajo quincenales, a desarrollar sobre dos meses calendarios consecutivos. En los cierres de sprint se entregó un documento con la descripción de las actividades realizadas, los resultados obtenidos, las limitaciones encontradas y facilitando los scripts de códigos utilizados a través del repositorio Git de la empresa. Los cierres de sprint se realizaron con una reunión presencial en sede de la empresa o en *call* virtual, según la disponibilidad de los recursos que fueran necesarios involucrar, para hacer una retrospectiva de lo realizado, revisar el documento generado y planificar el siguiente sprint de trabajo.

La distribución de tareas en los diferentes sprints de trabajo se pactó según:

- Sprint 1 dedicado a la elicitación detallada de los requerimientos de Naranja y definición de los objetivos concretos a lograr. De forma paralela se realiza una recopilación y estudio de los trabajos en la literatura académica que se relacionan con la temática del proyecto.
- Sprint 2 se emplea en la formulación y descripción matemática de los modelos a desarrollar y una primera implementación numérica.
- Sprint 3 incluye la formulación matemática del costo financiero y la implementación numérica de performance de los modelos desarrollados.
- Sprint 4 acompañamiento al squad de Naranja en la apropiación de la herramienta de trabajo y consultoría al responsable de IT de Naranja de poner en producción el modelo desarrollado.

La ejecución del proyecto, si bien comenzó en los plazos estipulados, luego del primer sprint (cuya retrospectiva fue presencial), la cuarentena impuesta por la COVID-19 obligó una pausa hasta que se reorganizaran todas las actividades empresarias y académicas en modalidad exclusivamente virtual. A su vez, la distancia física impuesta entre todos los miembros de los equipos, llevó a que los sprints se extendieran a tres semanas. A pesar de estas dificultades, se logró cerrar el cuarto sprint del proyecto el 28 de mayo y el 9 de junio de 2020 se hizo un postmortem del proyecto con todos los actores involucrados.

3. Resultados

El desafío principal del proyecto lo constituye el entendimiento del modelo de negocio propio del squad de la empresa por el grupo académico, dado el

número de sucursales, las especificidades de operaciones en cada una de estas y la complejidad de ruteos alternativos entre distintos conjuntos de ellas y los diferentes costos involucrados. El modelo de operaciones se plasmó en un modelo matemático flexible y fácilmente extensible, tratable con las herramientas de la programación lineal entera mixta. El costo total del problema requiere de un *trade-off* entre el costo logístico, que disminuye acorde se alarga la espera entre retiros y el costo financiero que aumenta en el tiempo, lo que lleva a que la búsqueda de la solución óptima sea altamente no trivial.

En una primera aproximación, se implementó el modelo matemático diseñado en la suite SCIP (Solving Constraint Integer Programs) [3], la cual proporciona al presente uno de los más eficientes y veloces solvers de optimización distribuido bajo licencia académica, que permite su uso con fines no comerciales. La suite provee su propio lenguaje de programación matemática llamado ZIMPL que permite escribir los modelos matemáticos de forma sencilla y directa para transformarlos en las instrucciones que SCIP ejecutará. Si bien los resultados obtenidos fueron satisfactorios, atendiendo al pedido de Naranja de contar con la posibilidad de utilizar un *solver free open-source* para programación lineal entera mixta, se implementó el desarrollo matemático del proyecto en PuLP [4] utilizando el solver CBC, ambos pertenecientes al proyecto académico COIN-OR. CBC es un *solver* enteramente escrito en C++ y se ofrece compilado para las plataformas usuales (LINUX y Windows). A su vez, PuLP es una interface para escribir los modelos de programación lineal completamente desarrollada en Python y se distribuye con una licencia completamente abierta.

En la Tabla 2 se reportan los tiempos de ejecución para pruebas realizadas en una notebook con procesador Intel(R) Pentium(R) CPU B950 2.10GHz y 4 GB de RAM sobre tres sucursales del norte de Córdoba conectadas por cinco rutas de recaudación diferentes según los días hábiles de la semana.

Tabla 2: Tiempos de ejecución de los solvers

| Modelador | Solver | tiempo(s) | tiempo(c) |
|-----------|--------|-----------|-----------|
| ZIMPL | SCIP | 0.19 | 575.7 |
| PuLP | SCIP | 0.35 | 750.6 |
| ZIMP | CBC | 0.14 | 0.66 |
| PuLP | CBC | 0.28 | 0.81 |

tiempos en segundos

sin (s) / con (c) costo financiero

Por otro lado, si bien la inclusión del costo financiero en el modelo implica incrementar el costo logístico de la recaudación hasta un 74%, en el caso de las sucursales mencionadas, el costo de oportunidad financiero obtenido permite disminuir el costo total en un 16%.

De esta forma, el principal entregable del proyecto quedó plasmado en código Python invocando el solver CBC que permite optimizar la planificación mensual del transporte de caudales de todas las sucursales del país con y sin costo financiero en pocos minutos en cualquier computadora portátil de rango medio.

4. Conclusión y perspectiva a futuro

La valoración de una actividad de vinculación y transferencia no debe acotarse solamente a los indicadores cuantificables como patentes o licencias, usualmente utilizados por los organismos de promoción de ciencia y tecnología, sino también contemplar los procesos que median para establecer los vínculos y los procesos internos que generan los resultados concretos [5]. Desde esta perspectiva podemos afirmar que el éxito en este proyecto es doble. Por un lado, el desarrollo tiene un impacto directo sobre un proceso industrial en uso. Por el otro, el proceso previo que generó el vínculo original vuelve a potenciarse con esta nueva instancia de interacción permitiendo progresivamente construir una relación bidireccional de mutuo beneficio para la academia y la industria.

La confianza mutua surge nuevamente como factor clave para el desarrollo y potenciación del vínculo en un ámbito de confidencialidad. La delimitación de roles claros, el cumplimiento de los tiempos estipulados y la construcción de prácticas de comunicación sinceras y abiertas auspician la posibilidad de reeditar la experiencia en nuevos proyectos.

Referencias

1. Resolución Decanal 733/2018: Convenio específico de cooperación técnica entre la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y la Empresa Tarjeta Naranja SA, Digesto Electrónico de la UNC <http://www.digesto.unc.edu.ar/famaf/decanato/resolucion/733.2018/> (2018).
2. Carlos S. Bederián, Gustavo Gaudiano, Julio Larrechart, Marcós Mambrín, Martín Onetti, Alejandro I. Silva y Nicolás Wolovick: Un Caso de Transferencia de Tecnología de HPC entre CCAD-UNC, FAMAC-UNC y Tarjeta Naranja S.A., Anales de las Jornadas de Vinculación Universidad-Industria (JAIIO 48), pp.24-28. ISSN 2451-750X (2019).
3. SCIP <https://scip.zib.de>
4. PuLP, <https://github.com/coin-or/pulp>
5. Fabián Andrés Britto, Gustavo Eduardo Lugones: Bases y determinantes para una colaboración exitosa entre ciencia y producción. CIECTI-OITTEC, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2020).