

MEMORIA

**INVESTIGACIONES
EN INGENIERÍA**

N° 18

FACULTAD DE INGENIERÍA



MEMORIA

Investigaciones en Ingeniería

ISSN 2301-1092 • ISSN (en línea) 2301-1106

Núm. 18

(2020)

Índice

	<i>Págs.</i>
Redes de distribución de calor y frío a partir de biomasa para pequeñas comunidades en Uruguay. <i>Biomass district Heating in small communities.</i> Daniel Salomone González	2-10
NoGluten: Plataforma de apoyo a la celiaquía. <i>NoGluten: Celiac Support Platform.</i> Gonzalo Alvarriño, Manuela Cannella, Facundo Laxalde, Leandro Nuñez, José Solsona	11-16
RITI: Solución híbrida de PBX virtuales con aprovisionamiento automático en la nube. <i>RITI: Hybrid Virtual PBX Solution with Automatic Cloud Provisioning.</i> Juan José Behrend, Gastón Pouquette	17-24
Diseño de planta y equipo para la revalorización de residuos sólidos. <i>Design of plant and equipment for the revaluation of solid waste.</i> Dardo De León, Alejandro Hernández, Soledad Marzoa	25-33
Control automático y supervisión remota de un biorreactor Stirred Tank. <i>Automatic Control and Remote Supervision of a Stirred Tank Bioreactor.</i> Fernando Hernández, Carlos Cigliutti, André Fonseca	34-46
Clasificador de logs de acceso para detección de incidentes de iberseguridad. <i>Customized access log classifier for cybersecurity incident detection.</i> Miguel Pérez del Castillo, Gastón Rial, Rafael Sotelo, Máximo Gurméndez	47-52

Editorial – Special Edition ANIU Awards

Les presento con mucho placer la edición número 18 de la revista Memoria de Investigaciones en Ingeniería, que se ha venido publicando de manera sostenida desde el año 2000. Desde sus comienzos, la revista ha tenido un crecimiento sostenido en cada una de las ediciones anuales. Este año hemos decidido agregar un nuevo desafío de tener dos ediciones anuales.

Para ello, solicitamos a la Academia Nacional de Ingeniería, realizar la invitación a los ganadores de los premios nacionales de ingeniería de 2019, para que envíen un resumen científico de sus trabajos finales de carrera. Tenemos la garantía que dichos artículos han sido revisados por tres pares evaluadores, y que los trabajos han resultado premiados en sus distintas categorías. Es un honor, para nosotros, poder publicar y hacer disponibles estos trabajos a todos los lectores de esta revista.

La Academia Nacional de Ingeniería (ANIU) es una Sociedad Civil sin fines de lucro, establecida en octubre de 1971. La misma tiene como misión cooperar con el desarrollo y bienestar de la sociedad a través de la divulgación de información y experiencias, al igual que generar propuestas sobre temas de importancia en múltiples campos de la ingeniería. Su aporte durante estos años ha sido relevante y continua en aumento su impacto.

En el concurso realizado por la Academia Nacional de Ingeniería en 2019 participaron trabajos finales de carrera de grado y tesis de postgrado (Maestría y Doctorado). Como resultado, se premiaron trabajos en las áreas de Agronomía, Civil, Computación, Eléctrica, Electrónica, Energía, Industrial, Química y Telecomunicaciones.

En esta edición especial de la revista Memoria de Investigaciones en Ingeniería se combinan trabajos tan variados como la creación de una plataforma de apoyo a la celiarquía hasta el diseño de planta y equipo para la revalorización de residuos sólidos. A su vez, se tratan temas relacionados a biomasa, telefonía, automatización y ciberseguridad. Dichos trabajos han sido premiados en las distintas categorías del premio.

Por último, quisiera agradecer y destacar que esta edición es fruto del esfuerzo y dedicación de Andrea Russi Phd, quién lanzó la convocatoria, de Rodrigo Sanchez encargado de la edición y comunicación con los autores y del apoyo de la Lic. Valentina Morandi quien brindó los servicios de biblioteca de la Universidad de Montevideo. Por segunda vez, hemos podido ingresar la revista en el Open Journal System (OJS).

Espero que esta sea la primera edición especial, de algo que se convierta en una tradición para FIUM y ANIU y podamos recabar en el futuro todos los trabajos premiados por la Academia.

Martin Tanco, PhD.
Director Editor
Facultad de Ingeniería
Universidad de Montevideo

Redes de distribución de calor y frío a partir de biomasa para pequeñas comunidades en Uruguay

Biomass district Heating in small communities

Daniel Salomone González¹

Recibido: Diciembre 2019

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- Las redes de calefacción urbana (District Heating, DH) combinadas con el uso de energías renovables (como la biomasa de residuos agrícolas) se han consolidado como una importante herramienta para la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos y los países del norte y centro de Europa.

El objetivo de las redes para la distribución térmica es ofrecer un servicio de aire acondicionado (frío y / o calor) y producción de agua caliente sanitaria a los ocupantes de los diferentes edificios de un área conectada a una red de cañerías, generalmente subterráneas; garantizando una mejor eficiencia energética y calidad de servicio con respecto a lo que se obtendría con instalaciones individuales. Si al uso de un desecho energético para producir calor, se agrega la posibilidad de emplazar plantas de cogeneración (con producción de calor, frío y energía eléctrica), el negocio de la climatización urbana centralizada se vuelve aún más próspero. En el presente reporte, luego de una larga revisión del estado del arte de las redes de distribución térmica con biomasa, las implicaciones técnicas de los equipos de una central térmica y la actividad agrícola de Uruguay, se propuso una solución práctica para ser replicada en todas las pequeñas comunidades del país. Para esta solución, se utilizan tres residuos de cultivos particulares: residuos de soja, uva y oliva.

Palabras clave: Redes de distribución térmica; Biomasa; Energías Renovables

Summary.- The urban heat networks (District Heating, DH) combined with the use of renewable energies, such as the biomass of agricultural waste, have been consolidated as an important tool for energy efficiency and the reduction of the emissions of greenhouse gases in the United States and the countries in the north and center of Europe. The objective of the networks for the thermal distribution is to offer a service of air conditioning (comfort heating and cooling) and the production of sanitary hot water for the residents of the different buildings of an area connected to the network, guaranteeing better energy efficiency and quality of service with respect to what would be obtained from individual installations. If the use of an energetic waste to produce heat, is added to the possibility of placing cogeneration plants (with a production comfort heating and cooling and electric power), the district heating business becomes even more prosperous. In the present paper, after a long review of the state of the art of heating of the Biomass District Heating, the technical implications of the equipment of a thermal power plant and the agricultural activity of Uruguay, a practical solution is proposed to be replicated in all the small communities of the country. For this solution, three particular crops residues - soybean, grape and olive residues –are used.

Keywords: District heating and Cooling; Biomass; Renewables Energies

¹ Magister en Ingeniería de la Energía. Universidad de la República, danielsalomonegonzalez@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2066-9222

1. Introducción.- En Europa han aparecido grandes señales en lo que respecta a la promoción de las redes térmicas (Como muestra la Fig. 1, ya más de 3.000 ciudades son abastecidas con esta tecnología), siempre bajo el aval de las administraciones gubernamentales [1-2].

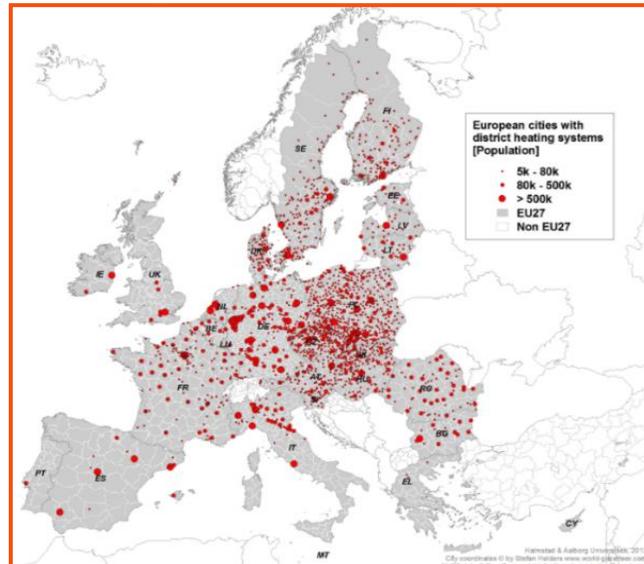


Figura 1.- Comunidades europeas que cuentan con redes de distribución. Fuente: BioBost

Las implicaciones técnicas de los equipos de una central térmica y la actividad agrícola de Uruguay, despierta el interés al presentarse como una solución práctica para ser replicada en las pequeñas comunidades del país. El análisis presentado demuestra que la energía facilitada por las redes de distribución y sus centrales térmicas pueden aportar una contribución sustancial a la sostenibilidad de energía en el sector residencial al permitir la integración de fuentes energéticas de bajo costo. No obstante, las elevadas inversiones en el tendido de la red limitan en gran parte su rentabilidad.

Con un apoyo en conjunto de las autoridades locales, los usuarios, la Dirección Nacional de Energía, las empresas de servicios energéticos y una visión del Uruguay en pos de desarrollar estas estrategias de aprovechamiento energético; los proyectos de este tenor pueden resultar favorables, además de seguir una línea establecida en el resto del mundo, sobre todo en Europa, en favor de estas tecnologías de alto impacto.

Lo importante sería que la política energética estuviese concebida con un enfoque multidimensional, definiendo como una de sus aristas transcendentales a la rama social, considerando el acceso universal a la energía como un derecho. Tres interesantes proyectos estatales, donde se puede analizar en un futuro cercano el uso de residuos y las redes para producción de energía térmica o eléctrica son: el Programa Canasta de Servicios, que busca que los hogares carenciados accedan a los servicios de energía y agua, articulando tarifas rebajadas a partir de una promoción del uso eficiente, el Programa de Electrificación Rural, donde los residuos forestales y agrícolas de terrenos circundantes pueden ser la fuente para la producción eléctrica de la zona y, por último, la climatización y abastecimiento de agua caliente sanitaria para los complejos carcelarios.

En definitiva, existe un marco propicio y rentable para la implementación, pero éste resulta al extremo dependiente de las administraciones públicas y el apoyo que le brinden a este tipo de servicios de interés social.

2. Biomasa no convencional.- En las comunidades del interior del país la biomasa es un recurso local disponible. Se analizó mediante los censos realizados por MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca) los posibles potenciales de generación de residuos por zona para tres tipos de biomasa poco convencionales (Soja, Aceituna y Uvas), pero no se descarta el uso de cualquiera de los cientos de posibilidades asequibles en el territorio nacional. Una vasta investigación bibliográfica permitió obtener discriminadamente los potenciales calóricos, los detalles de la composición, las características de las cosechas y la consecuente generación en Uruguay de cada variante de residuos asociada a los cultivos seleccionados (Ver Tabla I) [3-4].

Residuos	Cosecha	Industria
Soja	42,2% del total es residuo. El 57,8 % es grano utilizable en la industria aceitera. PCI: 18.454 kJ/kg. (bs) Humedad 9,2% y 3,8% de cenizas.	6% del grano es cáscara de soja. Se utiliza como alimentación animal y su producción es localizada. No se recomienda para quema con fines energéticos dada la baja rentabilidad y la restricción de su uso.
Aceituna	2,8 ton/ha cosechada es el residuo estimado de la poda de los olivares con humedad del 31% (que luego de estacionar baja a menos de un 10%) y 4,2% de cenizas. PCI: 19.903 kJ/kg. (bs) Poda Bianaual.	Los residuos agroindustriales de la industria del aceite de oliva, llamados orujos, se reparten en dos rubros (orujillo y hueso). 73% de la aceituna es orujo. PCI Orujo: 23.387 kJ/kg (bs) con una humedad del 66% y 2% de cenizas.
Uva	2,7 ton/ha cosechada es el residuo estimado de la poda de los viñedos (Sarmientos) con humedad del 21% (que descendiendo velozmente a menos de un 10% al dejarla un tiempo en el campo) y 5% de cenizas. PCI: 18.227 kJ/kg (bs)	Los residuos agroindustriales de la industria vitivinícola, también llamados orujos, se reparten en tres rubros (escobajos, hollejos y semillas). 1,1 % es escobajo y orujo (semilla+hollejo) 3,8 % es hollejo. PCI Escobajo: 17.671 kJ/kg(bs)/ H: 75% y Ash: 4.8%. PCI Orujo (Semilla/Hollejo. PCI Orujo: 20.170 kJ/kg(bs)/ H: 53% y Ash: 6,3%.

Tabla I.- Resumen de referencias bibliográficas. Los PCI recabados hacen referencia a residuos en base seca

De este estudio, se visualizó que los residuos presentan distintas características y que sus cosechas están dispersas por todo el territorio nacional, lo que permite contar con un alcance global. En cuanto a las cualidades como combustible se muestra una preferencia por los residuos de campo frente a los agroindustriales, sobre todo por la posibilidad de contar con baja humedad sin necesidad de un costoso pretratamiento de secado.

Debido al incremento en el área cultivada durante los últimos años, la paja o rastrojo de soja parece contar con el mayor potencial en lo que a producción térmica para redes respecta. Además de tener una amplia disponibilidad (Ver Figura II), que abarca casi todo el territorio nacional, cuenta con un poder calorífico aceptable, buen nivel de compactación, baja humedad y no es

requerido mantener demasiadas reservas en el campo para la protección de los suelos [5-7]. Más de 3,5 millones de MWh anuales con fines térmicos se podrían llegar a producir con los residuos de la cosecha de soja. Con los de aceituna y uva, apenas se alcanzaría el 5% de esa capacidad.

Es importante destacar que el sistema propuesto contribuye a la consolidación de la industria nacional asociada a la biomasa energética y al aprovechamiento de residuos hoy en día desechados, generando puestos de trabajo y crecimiento económico, además de reducir la dependencia energética y fortalecer el mercado agrícola.

Conjuntamente, la considerable experiencia en Uruguay en la fabricación de calderas de biomasa para la industria le permite independizarse no sólo del uso de fósiles (más costosos, más contaminantes, y no autóctonos), si no que existe la posibilidad de producir la tecnología en el país a corto plazo, dando un paso más hacia la soberanía energética.

Otra conclusión interesante, ahora en contra del uso de biomasa en Uruguay, es que los residuos claramente no son gratuitos (como el sol o el viento) cuando se los quiere usar como combustibles. Previo a la instancia de quemado deben atravesar por distintas etapas de pretratamiento tales como el procesamiento de los residuos en el campo, el transporte desde el punto de generación de la biomasa a la central térmica, el almacenamiento en plantas de transferencia, la compactación, un posible secado cuando las humedades son altas, el transporte interno hasta los silos y desde los silos hasta la caldera [8].

La reducción o anulación de estos gastos en las etapas intermedias fortalece el alcance económico de estas tecnologías. Los costos estimados a pie de caldera varían según el nivel de pretratamiento, pero a la fecha del estudio oscilan desde los 11 USD/MWh cuando sólo se requiere el enfardado hasta 65 USD/MWh cuando se logran grados de compactación más altos, como es el caso de los pellets o las briquetas.

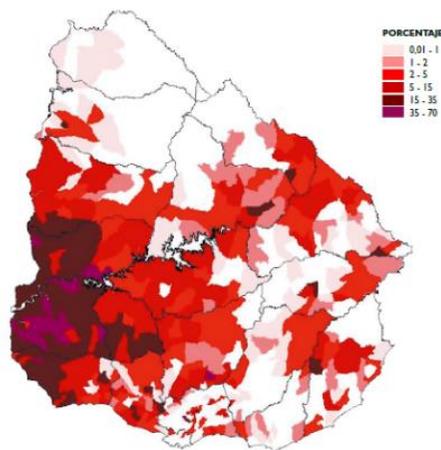


Figura II.- Áreas de cosechas de soja en Uruguay. Fuente: MGAP

3. Demanda.- La muestra asociada a este estudio alcanzó las 100 comunidades de entre 1000 y 5000 habitantes y más de 75.000 hogares, de donde se constató una media ocupacional de 3 personas por vivienda unifamiliar de 100m² promedio. Se trabajó con el programa SIT de MVOTMA (Figura III) que permitió valorar fundamentalmente las densidades poblacionales por manzana; factor esencial a la hora de evaluar los costos del tendido de cañerías.



Figura III.- Mapa de densidad población para discriminar la demanda comunitaria por manzana.
Fuente: MVOTMA

Sobre las redes térmicas en particular, dada la amplia búsqueda de datos estadísticos realizada a través de los censos del INE [9], se observó que el potencial demográfico a explorar va mucho más allá de las pequeñas comunidades y sus viviendas unifamiliares. Se pueden incluir locales comerciales, hospitales e incluso industrias. También se puede aplicar en aquellas comunidades con mayor densidad poblacional, donde la rentabilidad de las redes térmicas se ve ampliamente favorecida por la compactación de los tendidos de tuberías y el uso de turbinas de mayor porte para la generación eléctrica.

Se realizó un estudio detallado de la demanda de climatización de hogares, para cada comunidad en particular, asumiendo supuestos conservadores, que llevaron a los resultados descritos en la Tabla III para las distintas zonas térmicas. Para esta determinación se utilizaron criterios asociados al clima de la zona, las características constructivas de las viviendas tipo en Uruguay, la estacionalidad, la concentración urbana, las formas de consumo y la antigüedad y dispersión de las viviendas.

También se investigó la demanda de agua caliente sanitaria tomando como referencia balances realizados por UTE, la Dirección de Energía y URSEA [10-11]. Este requerimiento resultó bastante inferior respecto a lo que implica climatizar 100m² de vivienda a las temperaturas estándar recomendadas por ASHRAE [12] pero con la particularidad de que se trata de un servicio que se debe brindar todo el año. En lo que respecta al agua caliente sanitaria, una media estimada de este indicador ronda los 13 kWh/m² año. En promedio, un 73% de la demanda estaría asociada a la calefacción, un 17% a la refrigeración y el 10% restante corresponderían al agua caliente sanitaria.

Como se muestra en la Figura IV, se determinó una fuerte variabilidad en la demanda diaria, tanto de climatización como de agua caliente sanitaria, con picos elevados a ciertas horas de la noche, por lo que se sugirió el uso de reservorios térmicos para acumulación que permitían aplanar las curvas y minimizar los costos por sobredimensionamiento. Además, se observó que para Uruguay, estacionalmente, se tienen bien marcados tres meses de suministro de frío y cinco meses de abastecimiento de calor para climatización.

ZONA	Sureste	Centro	Noroeste
Demanda Calefacción (kWh/m2año)	65,8	103,7	88,3
Demanda Refrigeración (kWh/m2año)	33,4	24,2	14,4

Tabla II.- Resultados de demandas térmicas de climatización por zonas (Uruguay)

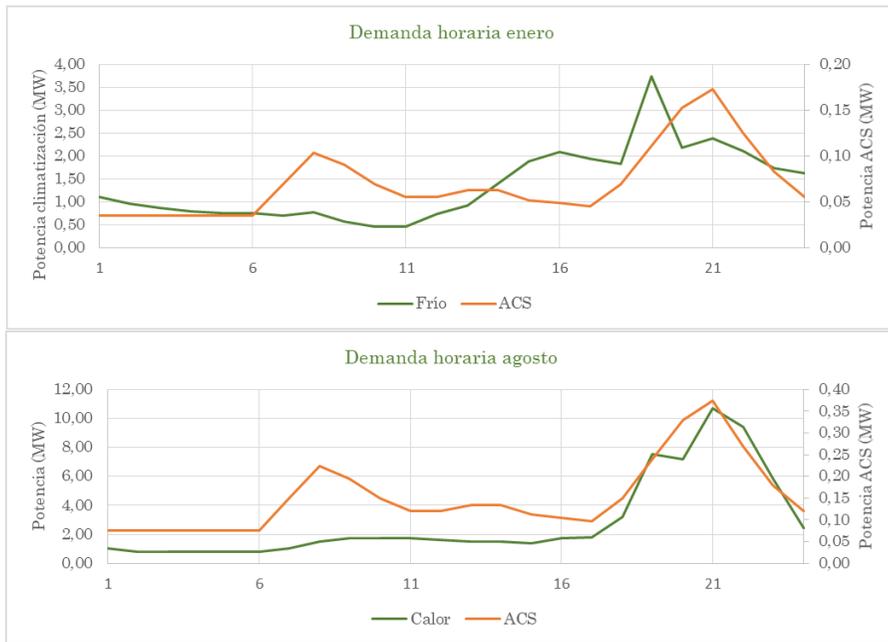


Figura IV.- Demanda tipo estimada José Enrique Rodó. Soriano para viviendas de 100 m² promedio climatizadas completamente. Fuente: Elaboración Propia

4. Tecnología.- Para el caso de las pequeñas comunidades, dada la alta dispersión de hogares y la práctica inexistencia de viviendas en bloque, se debe optar por aquellas modalidades de red que utilicen los caños de PEX (Polietileno expandido) en lugar de acero y que se minimicen los tendidos (Por ejemplo: Utilizando redes ramificadas en lugar de anilladas) [13].

En lo que respecta a centrales térmicas (Como se muestra en la Figura V), se estudiaron las tecnologías de combustión (calderas con parrilla, cámaras torsionales, lechos fluidizados, entre otros), resaltando aquellas de probable manufactura nacional, así como también los equipos de producción de frío, electricidad y sistemas anexos (Bombas, ventiladores, pretratamientos, etc.). Se realizó una comparación de las distintas características de los chillers presentes en el mercado de la que se dedujo que la opción más favorable para operar las redes de distribución con biomasa era la implementación de enfriadoras térmicas de absorción de doble efecto, dado su buen rendimiento y la posibilidad de utilizar, como fuente, calores residuales de bajo costo.

En lo asociado a turbinas de vapor, que operan según el ciclo Rankine convencional, se denota un potencial interesante en generación eléctrica para las comunidades de mayor porte, donde la recuperación térmica rentabiliza las inversiones por el incremento de la eficiencia global del sistema al potenciarse las bondades de la cogeneración.

Como guía general, para modelar un sistema de redes completo, primeramente, se selecciona la localidad, se escoge la biomasa más cercana, se determina la población, la cantidad de viviendas y la demanda. Se sectoriza la comunidad y se ubica la central en un padrón disponible. Se seleccionan los equipos (Calderas, Chillers, Turbinas) que cumplan con la demanda media y los picos se cubren mediante tanques de acumulación, aplanando la curva. Con las demandas calculadas, se determinan las longitudes de las cañerías principales, secundarias e internas. Se realiza la distribución como se ejemplifica en la Figura VI. Luego, se define la sección en función del caudal demandado por cada zona y por cada ramal en base a la densidad poblacional. Con el criterio de una velocidad fija se determina la sección y el diámetro. Para aquellos diámetros inferiores a 100 mm se usa PEX y para mayores se usa acero. Con los caudales y las pérdidas de carga de la cañería seleccionada se define la potencia máxima de las bombas de distribución.

Del estudio económico, que incluyó el establecimiento de líneas de base rescatadas de una serie de encuestas realizadas por la Dirección Nacional de Energía y UTE [10] de los usos frecuentes en Uruguay de tal o cual sistema de climatización o producción de agua caliente sanitaria, se determinó el promedio del costo de producción térmica medio por vivienda asociado a cada comunidad. Este valor puede ser reducido utilizando las redes térmicas con una rentabilidad aceptable para el inversor (Del orden del 10%), convirtiéndose en un método factible para abastecer de climatización y agua caliente sanitaria a los hogares.

No se contempló el impacto sustancial que tendría para la empresa de servicios eléctricos estatal (UTE) el gran descenso en la demanda, que podría incluso aplanar la curva, generándole amplios beneficios para su operativa diaria. Se podría plantear inclusive que sea esta misma empresa la que colabore en las inversiones para promover su desarrollo.

Por último, el ahorro de emisiones de gases de CO2 es depreciable para una vivienda individual, [14] pero el ahorro que supone para la población desde el punto de vista medioambiental es considerable, no sólo por el hecho de que mientras mayor sea el sistema donde se produce la energía, mayor será su rendimiento; sino también porque se estaría concentrando todas las emisiones que produce una comunidad completa en un punto específico, con lo cual la reducción de estos gases sería además de sencilla, mucho más eficaz.

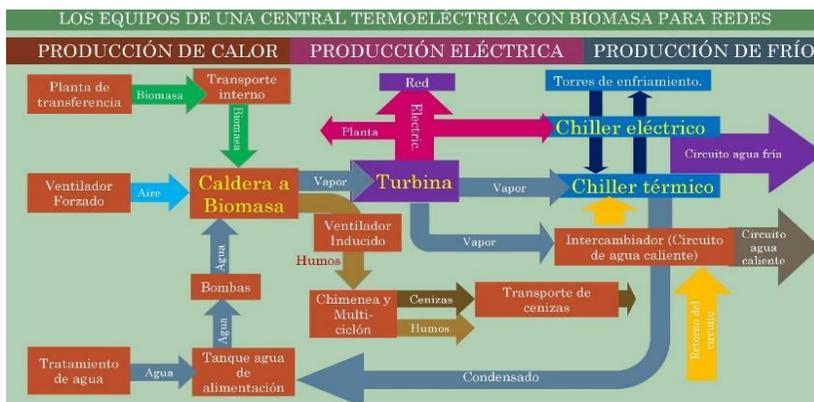


Figura V.- Equipos de una Central térmica para District Heating con Biomasa. Fuente: Elaboración propia

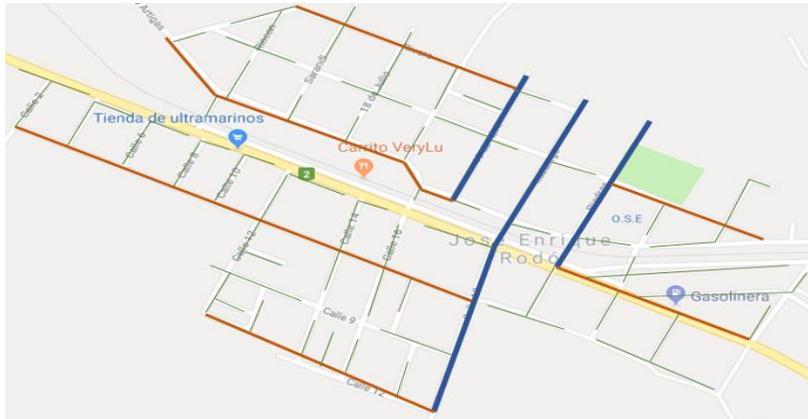


Figura VI.- Distribución de ramales (Azul: Principal/Naranja: Secundario/Verde: Líneas internas). Cada línea corresponde a 2 o 4 tubos dependiendo si se trata de sólo calor o climatización completa.
Fuente. Elaboración propia

5. Conclusiones.- En cierta forma, se presenta una guía que permite establecer qué tecnologías se pueden utilizar para la biomasa seleccionada, cómo será la operación a lo largo de los días tipo que componen el año en concomitancia con la demanda y cómo estimar la rentabilidad de los proyectos, favoreciendo con este primer acercamiento la replicabilidad a cualquier tipo de comunidad. Es evidente que muchas de las variables intervienen de forma más notoria que otras en los resultados, pero en definitiva, teniendo conciencia de cuáles son los parámetros más influyentes, se pueden sacar rápidamente varias conclusiones al respecto de la viabilidad.

En conclusión, el recorrido hacia el éxito de estas redes térmicas debe vencer primero los escollos de la rentabilización y aceptación comunitaria para seguir apostando a su desarrollo. El camino a seguir puede ser largo, pero queda abierta una veta hacia la posibilidad del uso de un recurso autóctono y de una tecnología que aporta flexibilidad y beneficios a muchos actores a un costo relativamente moderado.

6. Referencias.-

- [1] DHcar, “The Case of District Heating: 1000 cities can’t be wrong,” 2017.
- [2] HeatRoadmapEU, “Methodologies and assumptions used in the mapping. Deliverable 2.3: A final report outlining the methodology and assumptions used in the mapping,” H2020-EE-2015-3-MarketUptake, 2012-2015.
- [3] R. Al-Karany, “Caracterización y preparación de residuos de Biomasa con ensayos experimentales de secado térmico y combustión no contaminante”, Tesis de maestría, Portoalegre: IPP - ESTG, 2013. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10400.26/17064>
- [4] P. Curto, G. Pena, C. Mantero, G. Siri, N. Tancredi, A. Amaya, A. Durante, A. Ibañez, F. Ernst, L. Braga and M. Flores, “Cuantificación y evaluación del potencial energético de residuos agrarios y agroindustriales no tradicionales,” Montevideo: Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, 2017.
- [5] C. Faroppa and Energy Consulting Services SA, “Evaluación de la disponibilidad de residuos o subproductos de biomasa a nivel nacional,” Montevideo: MIEMDNETN, 2010.
- [6] MGAP-DIEA, “Censo General Agropecuario. Resultados finales,” 2011.
- [7] P. Couto, MGAP-DIEA, “Encuesta Agrícola. Primavera 2016. Serie de Encuestas 344,” Ramillo, 2016.
- [8] R. Golecha and J. Gan, “Biomass transport cost from field to conversion facility when biomass yield density and road network vary with transport radius,” *Applied Energy*, vol. 164, pp. 321-331, 2016.
- [9] INE. Instituto Nacional de Estadística., “Censo 2011,” 2011.
- [10] MIEM and DNE, “Encuesta Consumo Energético Residencial 2013. Planificación, Estadística y Balance,” Montevideo: MIEM, 2013.
- [11] URSEA, MIEM, “Especificaciones técnicas uruguayas de instalaciones solares térmicas,” URSEA. ETUS 2014.03, 2014.
- [12] ASHRAE, “Standard 90.1: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings,” 2016.
- [13] Eferm, Logstor, “Catálogo técnico District Heating and Cooling. Tuberías de acero preaisladas,” Logstor, 2015.
- [14] J. Keirstead, N. Samsatli, N. Shah and C. Weber, “The impact of CHP (combined heat and power) planning restrictions on the efficiency of urban energy systems,” *Energy*, vol. 41, n.º 1, pp. 93-103, 2012.
- [15] MIEM, “Balance Energético Nacional,” 2015.

NoGluten: Plataforma de apoyo a la celiacuía

NoGluten: Celiac Support Platform

Gonzalo Alvarino¹, Manuela Cannella², Facundo Laxalde³, Leandro Nuñez⁴, José Solsona⁵

Recibido: Febrero 2020

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- El proyecto busca solucionar la falta de información centralizada y actualizada que hoy enfrentan personas con algún tipo de intolerancia al gluten. Actualmente en Uruguay, se estima que existen 30.000 celíacos diagnosticados, lo que lleva a que toda la comunidad relacionada con esta intolerancia, incluyendo familiares y amigos, aumente a un mínimo de 80.000 personas. NoGluten es una plataforma de apoyo colaborativa, cuyo objetivo es brindar respaldo y facilidades a esta comunidad, permitiendo escanear un producto con código de barras para comprobar si es apto para el consumo, disponer de un listado de productos avalados de manera instantánea y fidedigna, localizar sitios gastronómicos y proveedores de servicios, encontrar recetas, compartir experiencias de viajes, entre otros. Consiste en una aplicación móvil para dispositivos Android e iOS, y un sitio web responsive, para administradores y proveedores, donde los últimos pueden cargar sus productos, para promocionarlos mediante la aplicación. La plataforma está siendo utilizada por usuarios reales. El sitio web se encuentra publicado en <http://www.noglutenapp.com/>. La aplicación móvil también está disponible en ambas plataformas.

Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.nativescript.NoGlutenApp&hl=en>
iOS: <https://apps.apple.com/uy/app/no-gluten/id1397633803?l=es>

Palabras clave: Celíaco; Celiacuía; Gluten; Contaminación cruzada; Dieta libre de gluten.

Summary.- *The project arises seeking to solve the lack of centralized and updated information that people with some type of gluten intolerance suffer today. Currently in Uruguay, it is estimated that there are about 30,000 diagnosed celiacs, which leads the entire community related to this intolerance, including family and friends, to a minimum of 80,000 people. NoGluten is a collaborative support platform, whose objective is to provide support and facilities to this community, allowing to scan a product with a barcode to check if it is suitable for consumption, have a list of guaranteed products instantly and reliably, locate Gastronomic sites and service providers, share travel experiences, among others. Consists of a mobile app for Android and IOS devices, and a web application, for administrators and suppliers, where they can upload their products and promote them through the app. The website is published at <http://www.noglutenapp.com/>. The mobile application is also available on both platforms.*

Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.nativescript.NoGlutenApp&hl=en>
iOS: <https://apps.apple.com/uy/app/no-gluten/id1397633803?l=es>

Keywords: Celiac; Celiac disease; Gluten; Cross contamination; Gluten free diet.

¹ Ing. en Sistemas, Universidad ORT Uruguay, galvarin91@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2809-0821

² Ing. en Sistemas, Universidad ORT Uruguay, manucannella6@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-4709-6487

³ Ing. en Sistemas, Universidad ORT Uruguay, facundolaxalde@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-9057-7924

⁴ Ing. en Sistemas, Universidad ORT Uruguay, leanunes16@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-7395-5268

⁵ Ing. en Sistemas, Universidad ORT Uruguay, josedusolsona@gmail.com, ORCID iD: 0000-0001-8626-9569

1. Introducción.-

1.1. Celiacía.- La enfermedad celíaca (EC), patología autoinmune, consiste en una intolerancia a las proteínas del gluten que se presenta en aquellas personas con vulnerabilidad genética para desarrollar la enfermedad [1-2]. Tras la ingesta se generan fragmentos proteicos, prolaminas, que a su vez se componen de gliadinas y gluteninas y resultan tóxicos para las personas celíacas [3]. En respuesta a la ingesta de gluten, el sistema inmune lesiona principalmente al aparato digestivo, fundamentalmente la mucosa del intestino delgado (órgano donde se realiza la absorción de los alimentos), comprometiendo la incorporación de un vasto conjunto de nutrientes. Esto determina un mal estado nutricional que compromete la salud general de quien lo padece [4].

Esta condición es de carácter permanente, se mantiene a lo largo de la vida y el tratamiento que estrictamente debe seguirse es “*la dieta libre de gluten*” que no sólo implica consumir alimentos libres de gluten sino también evitar la contaminación cruzada a partir de alimentos que contengan gluten. El sistema inmune reacciona ante cantidades que podríamos denominar ínfimas. (*a modo de ejemplo, una persona celíaca no podrá consumir un “tucó” elaborado con ingredientes aptos si otra persona sumergió un trozo de pan para “probarlo” o utilizó para mezclar una cuchara que estuvo en contacto con el agua de la pasta elaborada con trigo*). Si la persona celíaca adhiere a la dieta libre de gluten, la absorción de nutrientes se recupera y la morbi mortalidad es comparable a la población no celíaca [4-5].

1.2. Extendido uso del gluten.- Los cereales TACC son de muy amplio uso tanto en la comida elaborada en el hogar o restaurantes, como la de origen industrial. Es más, muchas veces su incorporación en distintas recetas busca las propiedades que el gluten aporta, tanto en masas como para el “espesado” de alimentos salados o dulces. Esta situación obliga a que los insumos y alimentos elaborados a ser consumidos por la persona celíaca deban tener una adecuada identificación como “libre de gluten”; con excepción de los alimentos exentos de gluten (frutas, verduras, carnes, arroz, etc; siempre y cuando no exista riesgo de contaminación cruzada) [4-6].

1.3. Falta de información consolidada y que responda a los principios de la usabilidad y la experiencia de usuario.- Afortunadamente, la oferta de insumos y alimentos libre de gluten es extendida y continúa en crecimiento. El problema radica en la carencia de un repositorio de datos actualizado y fácilmente accesible, que permita explotar el conjunto de posibilidades adecuado a la necesidad puntual del usuario. Una constante es la restricción que asume la persona celíaca por falta de información sobre el espectro de posibilidades que tiene delante [7-8]. Es atendiendo esta situación que se elaboró la presente propuesta.

2. Descripción de la Solución.- La estrategia propuesta fue desarrollar y mantener un servicio que reúna información actualizada y asegure un fácil y rápido acceso a través de una aplicación móvil para usuarios celíacos y allegados. Sumamos una página web, mediante la cual interactúan proveedores ingresando sus productos, y administradores que validan e ingresan información al sistema. La figura I muestra una vista a gran escala del sistema mencionado.



Figura I.- Diagrama general del sistema

La información comprende:

- Listado de alimentos e insumos libres de gluten (aplicable por ejemplo en supermercados).
- Sitios de compra de alimentos e insumos libres de gluten (por ejemplo, góndolas especiales en supermercados o comercios que se especializan en estos productos).
- Sitios gastronómicos con menú libres de gluten (restaurantes o locales que elaboran comida; detallando si además poseen servicio de delivery).
- Recetas que sólo incluyen insumos libres de gluten.
- Tips y recomendaciones para el viajero (tanto para uruguayos que viajen al exterior como a turistas que visiten nuestro país).
- Noticias y novedades de interés.

Las fuentes de información para los ítems antes mencionados se basan en Ministerio de Salud Pública, Asociación de Celíacos del Uruguay (ACELU), Comunidad de Celíacos del Uruguay (CCU), información contenida en las etiquetas de alimentos y productos (declaración de “libre de gluten” o equivalente), información publicada por sitios gastronómicos, recomendaciones de grupos y personas celíacas, información ingresada por empresas, entre otros. Oportunamente se podrá recurrir a información de similares fuentes de otros países. La información es ingresada por los administradores del sistema a partir de la web, pero también por los propios usuarios mediante reportes, sugerencias o calificaciones, a través de la aplicación móvil. La información contribuida por usuarios es sometida a un proceso de validación por parte de los administradores.

El sistema propuesto permite la búsqueda de información sobre alimentos e insumos por distintas vías como el escaneo del código individual del producto (código de barras), búsqueda por categoría o nombre y listados libre. Los sitios de compra y locales gastronómicos por distribución en el mapa o en relación a la ubicación del dispositivo móvil. Las recetas por nombre o categoría. Los tips, recomendaciones, novedades y noticias según país, fecha de publicación y categoría. Los proveedores de productos aptos pueden registrarse e ingresar productos a través de la web, luego de ser validados por un administrador. Uno de los requerimientos esenciales para el sistema es que sea de uso sencillo, amigable e intuitivo que no requiera una etapa de entrenamiento. Se espera pueda ser utilizado por personas no altamente familiarizadas con la tecnología.

Finalmente queremos señalar que esta herramienta genera un repositorio propio a partir de información que ya está disponible (etiquetado de productos, información sobre empresas, páginas web, redes sociales, entre otros). Si bien la información existe, muchas veces se vuelve difícil de obtener cuando se la necesita. Además, las empresas proveedoras de alimentos, insumos y lugares gastronómicos tendrán un canal de comunicación único y específico con el potencial público objetivo.

Un caso especial es la cantidad de turistas que visitan nuestro país, que, dada la falta de información variada y unificada, encontrarán en esta herramienta un aliado útil donde sentirse respaldados. Cada leyenda debe contar con su equivalente en otros idiomas de forma de facilitar la comprensión, generando así una buena experiencia de usuario. Otro caso similar es no sólo el turismo interno, sino también moverse dentro de la misma ciudad.

3. Detalles del sistema.- Para el desarrollo de las aplicaciones móviles (*frontend mobile*), optamos por tecnologías que a partir del mismo código base, compilan a código nativo de cada plataforma. Las seleccionadas fueron NativeScript + Angular. Para el servidor (*backend*) y la web para administradores y proveedores (*frontend web*) utilizamos Ruby on Rails, explotando las enormes ventajas que posee a la hora de agilizar el desarrollo y escalar el sistema, obteniendo resultados tangibles desde etapas tempranas.

A modo de ejemplo, mostraremos en forma esquemática las etapas por las que pasa una sugerencia para incorporarse al sistema (Figura II):

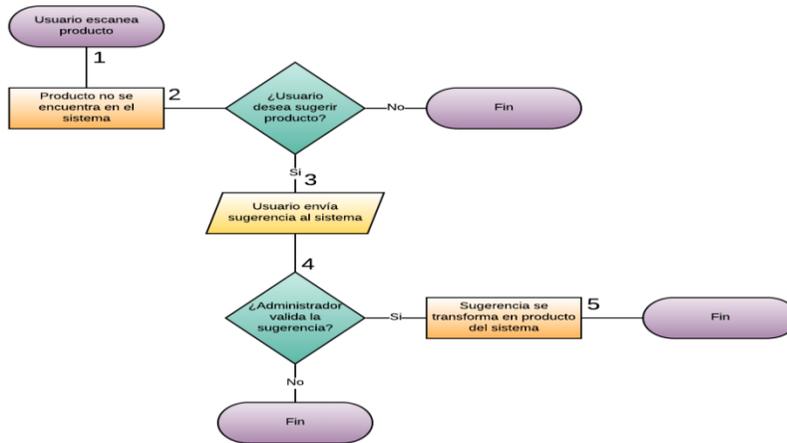


Figura II.- Diagrama de flujo de una sugerencia de producto

Las siguientes imágenes, figuras III, IV y V, son capturas del sistema en ejecución, con los pasos enumerados arriba esquematizados.



Figura III.- Secuencia de capturas pasos 1,2,3 (móvil/web)



Figura IV.- Secuencia de capturas pasos 3,4 (móvil/web)

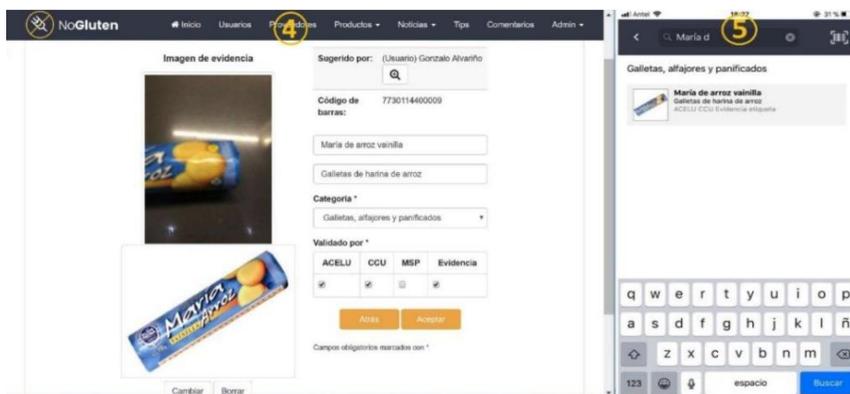


Figura V.- Secuencia de capturas pasos 4,5 (móvil/web)

Como puede visualizarse, la sugerencia de un producto conlleva un proceso de validación estricto. Desde el momento que el usuario decide llevar a cabo una sugerencia, la misma debe pasar por un filtro realizado por un administrador, pudiendo este alterar ciertos contenidos inadecuados antes de su publicación. Las validaciones de productos aptos se realizan a partir de los listados públicos ofrecidos por las asociaciones de celíacos reconocidas, Acelu y Comunidad de Celíacos del Uruguay, así como aquellos productos que posean leyendas asegurando la no prevalencia de gluten dentro de los componentes de estos.

Es importante destacar que dicho proceso fue una decisión tomada por el equipo con el objetivo de garantizar al usuario la mayor confiabilidad posible, en cada dato que es ingresado en la aplicación.

4. Conclusiones.- El presente proyecto fue el trabajo de grado de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad ORT, año 2018. En el año 2019 fue seleccionado como Premio al Primer Puesto de Trabajos de Fin de Carrera, opción Computación, por la Academia de Ingeniería del Uruguay (ANIU) [9-10].

Los objetivos académicos pudieron ser alcanzados con éxito. Las experiencias y conocimientos adquiridos durante la carrera nos permitieron sobrepasar desafíos generados por la gestión del proyecto, así como también por las nuevas tecnologías utilizadas, destacando lo valioso de ser un equipo multidisciplinario. En cuanto al producto, desarrollamos una solución con desafíos tecnológicos donde el foco fue generar funcionalidades que aporten valor a los usuarios, satisfaciendo las necesidades detectadas, y fomentando la colaboración; basado en una arquitectura sólida que cumplió con los atributos de calidad esperados.

El sistema está iniciando su etapa operativa, centrados en cargar información para posteriormente proceder a difundir su uso. Una vez alcanzado un flujo de usuarios considerable, se implementará un modelo de negocio basado en publicidad a fin de asegurar la sustentabilidad y permanente desarrollo. Podrán también explorarse otras estrategias de orden comercial con este mismo objetivo.

Es de esperar pueda convertirse en una herramienta de uso diario por parte de la comunidad celíaca generando múltiples vínculos tanto a nivel nacional como regional en pos de asegurar el acceso a productos libre de gluten apostando a la inclusión social y la mejora de la calidad de vida.

5. Referencias.-

- [1] M. Rewers, "Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease?," *Gastroenterology*, vol. 128, no. 4, 2005. [Online], Available: [https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085\(05\)00199-X/pdf](https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085(05)00199-X/pdf) . [Accessed Ago. 18, 2018]
- [2] M. F. Kagnoff, "Overview and pathogenesis of celiac disease," *Gastroenterology*, vol. 128, no. 4, 2005. [Online], Available: [https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085\(05\)00177-0/pdf](https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085(05)00177-0/pdf) . [Accessed Ago. 18, 2018]
- [3] FACE. "Qué es el gluten" [Online], Available: <https://celiacos.org/enfermedad-celiaca/que-es-el-gluten/>. [Accessed Feb. 18, 2020]
- [4] SEGHN. "Protocolo para el diagnóstico precoz de la enfermedad celíaca" [Online], Available: <https://www.seghnp.org/documentos/protocolo-para-el-diagnostico-precoz-de-la-enfermedad-celiaca> . [Accessed Ago. 18, 2018]
- [5] Ministerio de Salud Pública. "Guía de detección precoz, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad Celíaca" [Online], Available: <https://www.gub.uy/ministerio-salud-publica/comunicacion/publicaciones/guia-deteccion-precoz-diagnostico-tratamiento-enfermedad-celiaca> . [Accessed Ago. 18, 2018]
- [6] A. Sapone, et. al., "Open Access Spectrum of gluten-related disorders," *BMC Medicine*, vol. 10, no. 13, 2012. [Online], Available: <https://bmcmmedicine.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1741-7015-10-13>. [Accessed Ago. 18, 2018]
- [7] Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile. "Opiniones de agentes relevantes en el mercado sobre productos de la competencia local y extranjera" [Online], Available: https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2016/08/Tendencias_EEUU_Gluten_2016.pdf. [Accessed Ago. 18, 2018]
- [8] Federación de Asociación de Celiacos de España. "El mercado mundial sin gluten sigue creciendo" [Online], Available: <https://celiacos.org/mercado-mundial-sin-gluten/> . [Accessed Aug. 19, 2018]
- [9] G. Alvariño, et. al., "NoGluten: Plataforma de apoyo a la celiaquía," Tesis de grado, ORT, Montevideo, 2018. [Online], Available: <https://dspace.ort.edu.uy/handle/20.500.11968/3853> . [Accessed Feb. 18, 2020]
- [10] Academia Nacional de Ingeniería del Uruguay. ANIU. [Online], Available: <https://www.aniu.org.uy/en/home-3/>. [Accessed Feb. 18, 2020]

RITI: Solución híbrida de PBX virtuales con aprovisionamiento automático en la nube

RITI: Hybrid Virtual PBX Solution with Automatic Cloud Provisioning

Juan José Behrend¹, Gastón Pouquette²

Recibido: Abril 2020

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- Si bien la telefonía sobre el protocolo IP tiene más de una década entre nosotros, la ubicuidad de Internet, las nuevas tecnologías de hardware abierto, software libre y plataformas en la nube invitan a volver a pensar una solución en este nuevo contexto. Como tal solución se propone en este proyecto a RITI, compuesto por un equipo de pequeñas dimensiones a instalar en dependencias del cliente y un sistema de aprovisionamiento automático y conmutación telefónica en la nube. El principal desafío para la obtención de tal producto fue la gran cantidad de componentes de hardware y software a integrar, pasando puntos tan diversos como un Raspberry con su adaptador de interfaces Grandstream, Asterisk con sus contextos de troncales y protocolos, plataformas como AWS y Docker. Es importante destacar que los objetivos planteados fueron logrados, obteniendo una solución funcional, resiliente y escalable donde la complejidad se centraliza en los componentes alojados en la nube. De esta forma se extienden a la telefonía las ventajas constatadas en los últimos años de la virtualización y la consolidación en la nube. Finalmente, todos los componentes de software del sistema son o bien proyectos libres de código abierto, o bien desarrollos originales de los autores del mismo.

Palabras clave: Cloud Computing; Despliegue Continuo (CD); Telefonía -PBX; SDN

Summary.- Although telephony over IP protocol has more than a decade among us, the ubiquity of the Internet, new open hardware technologies, free software and cloud platforms invite us to rethink a solution in this new context. As such a solution is proposed in this project to RITI, made up of a small team to be installed in customer premises and an automatic provisioning system and telephone switching in the cloud. The main challenge for obtaining such a product was the large number of hardware and software components to be integrated, passing points as diverse as a Raspberry with its Grandstream interface adapter, Asterisk with its trunk and protocol contexts, platforms such as AWS and Docker. It is important to highlight that the stated objectives were achieved, obtaining a functional, resilient and scalable solution where complexity is centralized in the components hosted in the cloud. In this way, the benefits of virtualization and consolidation in the cloud have been extended to telephony in recent years. Finally, all the software components of the system are either free open source projects, or original developments by the authors of the same.

Keywords: Cloud Computing; Continues deployment (CD); Telephony -PBX; SDN

¹ Ing. en Telecomunicaciones, Universidad ORT Uruguay, juanjosebehrend@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2074-2012

² Ing. en Telecomunicaciones, Universidad ORT Uruguay, gpouquette@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-2820-3243

1. Introducción.- RITI (nombre del proyecto) consiste en una automatización desarrollada con diversos componentes de software libre, se crean instancias virtuales en Docker alojadas en la nube que funcionará como su motor de servicio, donde a partir de la invocación de un servicio, este levante automáticamente el servicio. Este servicio constará de una instancia de virtual PBX en la nube, sin necesidad alguna de configuración ni conocimiento técnico, esta misma será única para cada dispositivo permitiéndole así poder integrarse en la red de RITI y así realizar el nexo con otras terminales. A su vez esto no requiere trámites, compromisos adicionales ni contacto con el proveedor actual de telefonía. Es compatible con los equipos de telefonía tradicional, y aprovecha las ventajas del procesamiento en la nube (escalabilidad, redundancia, estabilidad, entre otras).

2. Solución propuesta.- En este proyecto se propone una alternativa tecnológica novedosa con el fin de lograr una infraestructura para el cliente que sea simplemente instalar y usar, mediante una automatización desarrollada con diversos componentes de software libre, se crean instancias virtuales en Docker alojadas en la nube que funcionara como su motor de servicio, permitiendo que las comunicaciones del cliente pasen de telefonía tradicional a IP, manteniendo número y aparato telefónico de las sucursales.

RITI (nombre del proyecto) automatizará la conexión del dispositivo en la red privada de la solución, donde a partir de la invocación de un servicio, este levante automáticamente el servicio. Este servicio constará de una instancia de virtual PBX en la nube, sin necesidad alguna de configuración ni conocimiento técnico, esta misma será única para cada dispositivo permitiéndole así poder integrarse en la red de RITI y así realizar el nexo con otras terminales. A su vez esto no requiere trámites, compromisos adicionales ni contacto con el proveedor actual de telefonía.

Esta solución es un híbrido que reduce al mínimo indispensable el procesamiento en el equipo de la sucursal, ya que como veremos más adelante, la toma de decisiones del flujo de las llamadas es realizado en la nube. Es compatible con los equipos de telefonía tradicional, y aprovecha las ventajas del procesamiento en la nube (escalabilidad, redundancia, estabilidad, entre otras).

Algunas de las características de RITI de cara del cliente son que, en caso de corte de electricidad, y que el equipo se quede sin alimentación, las llamadas siguen funcionando como en la telefonía tradicional (desviando las llamadas a la PSTN). Lo mismo ocurre en caso de que el hardware en la dependencia del cliente se quede sin conectividad a Internet. El cliente indistintamente de si la llamada es enviada vía telefonía IP, o por la vía tradicional, disca siempre el mismo número, no es necesario recordar números nuevos.

2.1. Origen de la idea.- Se descubrió que existía una gran cantidad de empresas con la necesidad de reducir sus costos en llamadas telefónica. Por esta razón, surge la idea de desarrollar un hardware que presente una configuración mínima o nula, un coste y dimensiones reducidos, y que permita tanto la telefonía IP como la telefonía tradicional. Al mismo tiempo, lograr que la dependencia donde se instale el hardware no sea necesariamente un lugar físico perteneciente a la empresa. Es decir, lograr diseñar un equipo, que sea tan simple como conectar un teléfono, pero internamente tan inteligente como la mejor telefonía IP.

2.2. Innovación.- La solución RITI es innovadora en cuatro aspectos fundamentales como lo son infraestructura, formalidades y tramitación, instalación y tecnología. Por un lado, el Hardware a instalar en el cliente tiene un costo estimado de un 20% de otras soluciones que existen actualmente [1-4]. A su vez, el conocimiento técnico necesario para realizar la instalación de dicho hardware es nulo. Por otro lado, este producto no requiere de trámites y compromisos con proveedores de servicios de telefonía ya que funciona sobre el servicio actual, sin configuraciones adicionales.

Respecto a su tecnología, RITI presenta se diferencia ya que las costosas soluciones actuales, requieren o bien migrar toda la tecnología y equipos a IP, o bien instalar costosos equipos en las sucursales con todo el procesamiento en dicho equipo. Como se mencionó anteriormente esta solución es un híbrido que reduce el procesamiento en el equipo de la sucursal, es compatible con los equipos de telefonía tradicional, y aprovecha las ventajas del procesamiento en la nube (escalabilidad, redundancia, estabilidad, entre otras).

2.3. Principales características del proyecto.- RITI es un sistema para la gestión de PBX virtuales en la nube y su vínculo con los dispositivos físicos instalados en las dependencias de clientes a través de Internet. Dichos equipos serán nombrados “RitiBox”. El sistema permite crear instancias de PBX virtuales en la nube, como respuesta a la instalación de un RitiBox. Con esto se logra realizar de manera automática el despliegue del servidor, la configuración de la PBX cloud y local, y la vinculación de las PBX. Estas instancias fueron nombradas RitiCloud y se realizó mediante la implementación de las últimas tecnologías de virtualización, cómputo en la nube, y redes definidas por software.

2.4. Desafíos encontrados.- El mayor desafío de todo el proyecto fue integrar más de 20 tecnologías distintas logrando que sea de rápido aprovisionamiento y con mínima interacción humana. En la Figura I se puede visualizar las distintas tecnologías:



Figura I.- Distintas tecnologías integradas en RITI

3. Capas del proyecto.- El proyecto podemos dividirlo en seis capas diferentes, las mismas brevemente se explican en el siguiente punteo:

- I) **Interfaz o Box:** Se describe el Hardware seleccionado, los distintos componentes de este y su lógica de configuración a la hora de poder brindar un servicio de telefonía. Se habla de FreePBX, Python, Raspberry, IAX2, SIP, Grandstream e invocación de servicios web [5-7].
- II) **Frontend:** Se describe cómo se diseñó la aplicación web para poder generar el servicio de autoaprovisionamiento y despliegue automático de las instancias. Se habla de Gunicorn y Flask [8-9].
- III) **Backend, Control y Automatización:** En esta sección se explicará cómo trabaja el centro lógico del servicio, desde el despliegue automático de las instancias hasta la reconfiguración de todas de forma segura y ordenada. Se habla de Ansible, Celery y Redis [10-14].
- IV) **Cómputo o Plataforma:** Se describe la tecnología de virtualización, mostrando las ventajas de la utilización de contenedores y la integración con el punto 3. Se habla de Docker, Portainer y AWS [15-17].

- V) **Integración, Conectividad y Datos:** Se describe como se integrará los diversos módulos, dando hincapié en la seguridad y privacidad de las comunicaciones, como también el registro de la información transversal al servicio. Se habla de HA Proxy, VPN PPTP, Base de datos, IAX2 y Redes superpuestas por medio de Consul [18-22].
- VI) **Monitoreo:** Se describe la solución de monitoreo implementada Zabbix, como se logró que la misma trabaje de forma automática dentro del alcance de los contenedores Docker. Se habla de Zabbix [23-25].

3.1. Esquema general de la solución.- Partiendo del diagrama expuesto en la sección anterior se presenta el siguiente esquema (Figura II). Este brinda una visión completa de todos componentes del sistema, y su interconexión:

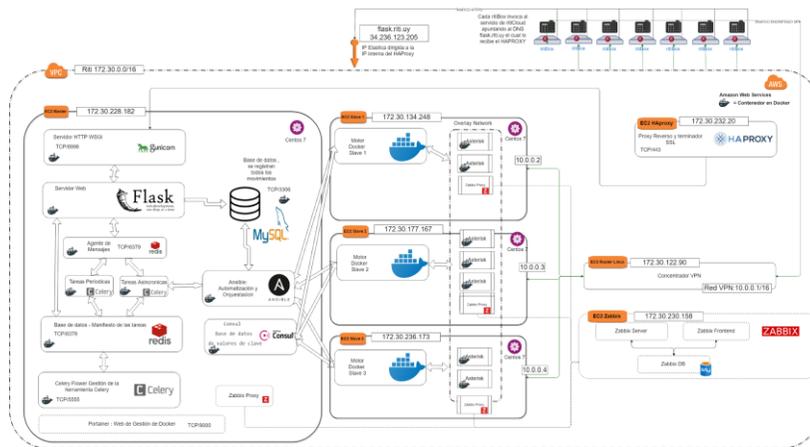


Figura II.- Esquema general de la solución

El objetivo de este esquema es dar un panorama general de la gran cantidad de componentes del sistema, lograr tener una visión de la proporción de los componentes que son desplegados en la nube, y los que son desplegados en la dependencia física del cliente.

3.2. Modelos de instancias.-

- Instancia Master: Es un host docker con contenedores para provisionar el FrontEnd, Backend y BBDD.
- Instancia Slave: Es un host docker que aloja los contenedores Asterisk correspondientes a los ritiBox.

Dichos modelos se pueden observar en la Figura III.

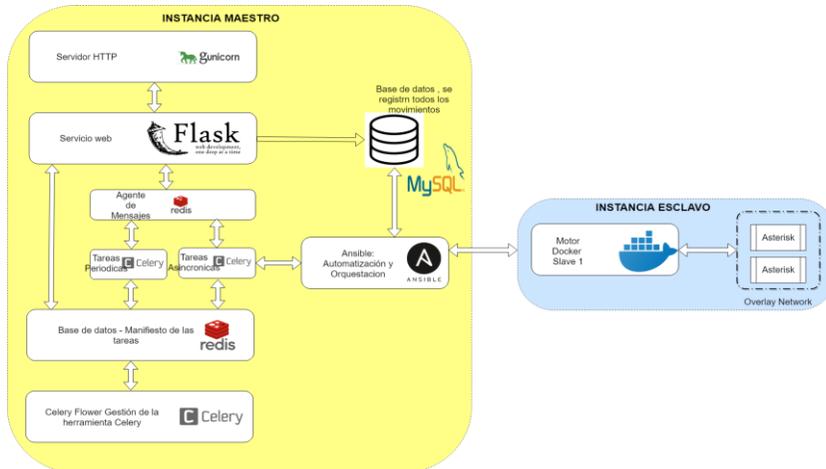


Figura III.- Modelos de instancias

Para lograr que todas las instancias “Esclavo” se puedan comunicar entre ellas utilizamos el protocolo VXLAN implementado utilizando la tecnología Consul, como se puede observar en el diagrama siguiente (Figura IV):

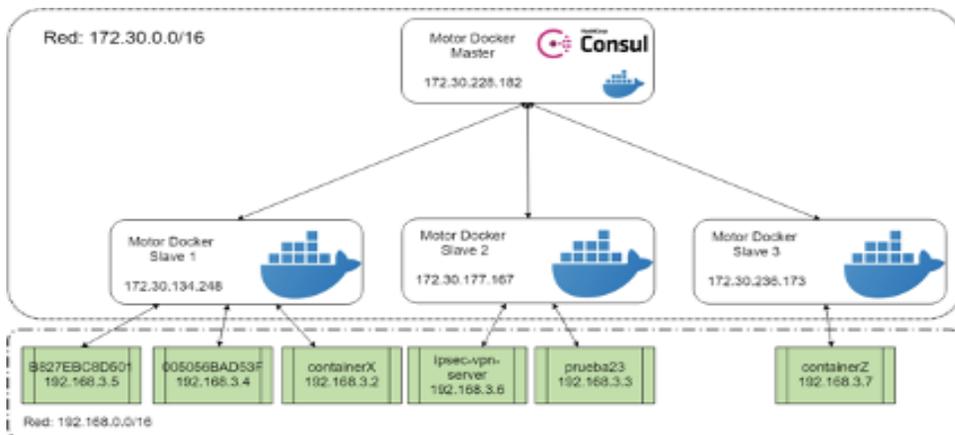


Figura IV.- Protocolo VXLAN mediante la utilización de la tecnología Consul

Se crea una red mesh que todas las instancias de micro-PBX pueden hablar una contra otra.

3.3. VOIP RitiCloud: Asterisk.- Para el despliegue de los RitiCloud en dockers, se implementó Asterisk puro, sin capas extra (Figura V). Esto es principalmente debido a la necesidad de reducir tamaño de imágenes docker y además por la necesidad de ganar control sobre los flujos VoIP.

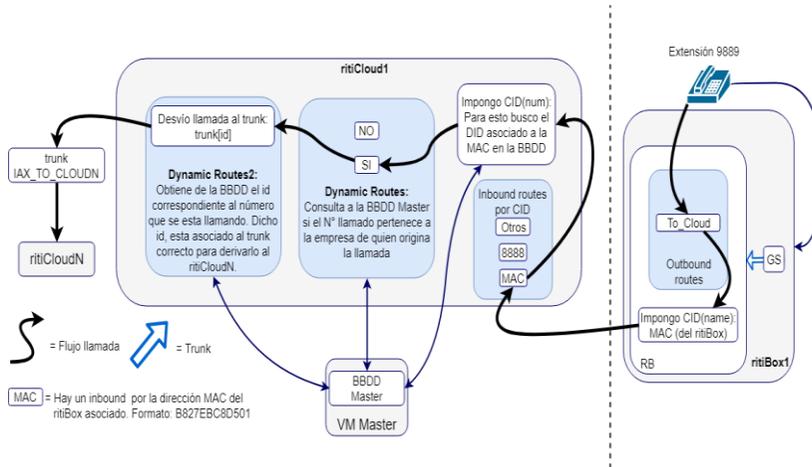


Figura V.- VoIP: Ejemplo flujo de llamadas en misma empresa

En la siguiente imagen (Figura VI), se puede el flujo a alto nivel simplificado, que muestra claramente el recorrido de una llamada entre dos clientes de la misma empresa. Recorriendo tanto los ritiBox como ritiCloud, para llegar desde el aparato telefónico del cliente que origina la llamada, hacia el aparato telefónico del destino. Recordando que el ruteo es automático y el tráfico es seguro.

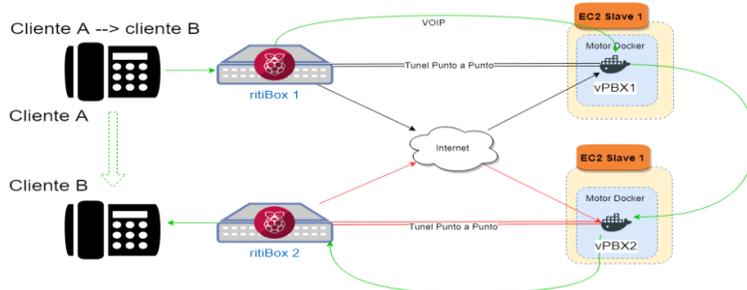


Figura VI.- Flujo de alto nivel de llamada entre cliente A y B

4. Conclusiones.- En primer lugar, se debe decir que estos objetivos fueron cumplidos en su totalidad. RITI fue un proyecto en el cual su principal dificultad fue la integración de más de veinte tecnologías diferentes para lograr un producto funcional con un propósito determinado.

Durante la etapa de investigación y modelado de la idea, realizamos cursos de APIs en Flask, Docker y Docker Swarm para poder entender mejor cada una de estas tecnologías de forma tal que nos facilite la integración de los módulos. Logramos poder brindar una solución que sea escalable pensando las aplicaciones como microservicios que puedan ser desplegados de forma distribuida en distintos hosts de forma automática, controlada y segura. Los microservicios nos permiten aislar las funcionalidades de tal forma que cada instancia (en nuestro caso contenedores Docker en la “nube”) cubra una funcionalidad básica y este pueda ser fácilmente reemplazado en caso de falla o upgrade de software. De esta forma podemos hablar de que logramos un flujo de despliegue continuo, ya que se logró automatizar el aprovisionamiento de una central telefónica en la nube manteniendo la independencia del cliente y privacidad del mismo.

Gracias a la arquitectura de la solución modular, a nivel macro, es decir considerando todos los posibles clientes, vemos que nuestro sistema es tolerable a fallas de un componente a la vez de forma tal de garantizar que nuestro servicio no sea afectado en la totalidad. Uno de nuestros objetivos primarios era lograr un hardware lo suficientemente robusto que garantizara la funcionalidad del servicio de telefonía en cualquier condición, incluso ante una pérdida de conectividad o energía eléctrica. Si bien el mismo se puede mejorar en muchos aspectos como tamaño, capacidad ociosa, costo de producción vemos que es un éxito el contar con estas características. Siguiendo en el plano del hardware nuestro mecanismo de automatización consta del registro del número público del cliente, gracias esto y por medio de nuestros algoritmos de armado de rutas telefónicas, podemos garantizar que el cliente siempre disque exactamente el mismo número indistintamente la ruta por la cual se redirigirá el tráfico.

Otro rasgo importante de la solución es la capacidad de un monitoreo automático, la misma se propuso en la solución de automatización gracias a la implementación de unos proxys de monitoreo. Estos proxys de monitoreo trabajando directamente sobre la API de Docker.

RITI una solución híbrida de telefonía Cloud o también denominado Cloud PBX, garantiza ser totalmente independiente de cualquier esquema de “nube”, dejando la misma la posibilidad abierta de desplegarse en una solución tradicional de Datacenter con tecnologías de VMware, HyperV o Citrix como también en cualquier proveedor de cómputo cloud como AWS, Azure o GCP.

Todas las funcionalidades detalladas, fueron evaluadas a través de un proceso de pruebas realizadas sobre el sistema, demostrando que es capaz de funcionar correctamente.

5. Referencias.-

- [1] Amazon, “YeaStar S20 S20-000 VoIP SIP IP PBX 20 Ext IVR VM Skype 0 FXS 0 FXO 0 GSM,” [Online], Available: <https://www.amazon.com/YeaStar-S20-S20-000-VoIP-Skype/dp/B01K8W8JIY> [Accessed Jul. 7, 2018].
- [2] Ipphone-Warehouse, “Yeastar S0 1-FXS/1-FXO module” [Online], Available: <http://www.ipphone-warehouse.com/yeastar-so-module-p/yst-so.htm> [Accessed jul. 7, 2018]
- [3] Yeaster, “Yeastar S20 VoIP PBX”. [Online], Available: <https://www.yeostar.com/s20-voip-pbx/> [Accessed: Jul. 7, 2018]
- [4] EICSS, “FXO/FXS Add-on for Raspberry Pi/Orange Pi”. [Online], Available: <http://www.eicss.com/Home/iris2000> [Accessed Jul. 7, 2018]
- [5] M. Grech, “The Top 10 Best Free Open Source PBX Software”. 23 de Setiembre de 2016. [Online], Available: <https://getvoip.com/blog/2016/09/23/best-open-source-pbx-software/> [Accessed Jul. 29, 2018]
- [6] C. Santana R. and Codejobs, “¿Qué es Python?” Estados Unidos. Marzo 2013. [Online], Available: <https://www.codejobs.biz/es/blog/2013/03/02/que-es-pyt> [Accessed Jul. 7, 2018]
- [7] Python, “History and License”. [Online], Available: <https://docs.python.org/3/license.html> [Accessed Jul. 7, 2018]
- [8] Flask, “Welcome to Flask”. [Online], Available: <http://flask.pocoo.org/docs/1.0/> [Accessed Jul. 7, 2018]
- [9] Unicorn, “Running Unicorn”. [Online], Available: <http://docs.gunicorn.org/en/latest/run.html>. [Accessed: Jul. 7, 2018]
- [10] CeleryProject, “Introduction to Celery”. [Online], Available: <http://docs.celeryproject.org/en/latest/getting-started/introduction.html#id2> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [11] Pocoo.org, “Celery Based Background Tasks”. [Online], Available: <http://flask.pocoo.org/docs/0.12/patterns/celery/> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [12] RedisLabs, “Python Redis”. [Online], Available: <https://redislabs.com/lp/python-redis/> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [13] Redis, “Redis”. [Online], Available: <https://redis.io/> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [14] Ansible, “Ansible Documentation”. [Online], Available: <https://docs.ansible.com/ansible/latest/index.html> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [15] V. C. Todea and Universitat Politècnica de València, Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Informàtica, “Diseño e implementación de un sistema de entrega continua para aplicaciones web sobre contenedores Docker.”. 27 de diciembre de 2016. [Online], Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71386/TODEA%20-%20Dise%C3%B1o%20e%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20sistema%20de%20entrega%20continua%20para%20aplicaciones%20web%20sobre%20con....pdf?sequence=2> [Accessed Jul. 8, 2018]
- [16] Ansible, “Getting Started with Docker”. [Online], Available: https://docs.ansible.com/ansible/latest/scenario_guides/guide_docker.html [Accessed Jul. 8, 2018].
- [17] Amazon AWS, “Amazon Elastic Compute Cloud: Guía del usuario de instancias de Linux”, Instancias de Amazon EC2.
- [18] HA Proxy, “Documentation”. [Online], Available: <http://www.haproxy.org/#docs> [Accessed Jul. 29, 2018]
- [19] MariaDB, “Documentation” [Online], Available: <https://mariadb.com/kb/en/library/documentation/> [Accessed Jul. 29, 2018].
- [20] Elastixtech, “Protocolo IAX” [Online], Available: <http://elastixtech.com/protocolo-iax/> [Accessed Jul. 29, 2018]
- [21] IETF, “IAX: Inter-Asterisk eXchange Version 2” Febrero 2010 [Online], Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc5456> [Accessed Jul. 29, 2018]
- [22] IETF, “Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP)” Julio 1999 [Online], Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc2637> [Accessed Jul. 29, 2018]
- [23] A. Vladishev, “Zabbix - Definition, benefits and challenges” Diciembre 2016 [Online], Available: https://lata.org.lv/wp-content/uploads/2016/12/AlexeiVladishev_OSS.pdf
- [24] Zabbix, “Customers and Users” [Online], Available: <https://www.zabbix.com/users> [Accessed Jul. 29, 2018]

Diseño de planta y equipo para la revalorización de residuos sólidos

Design of plant and equipment for the revaluation of solid waste

Dardo De León¹, Alejandro Hernández², Soledad Marzoa³

Recibido: Marzo 2020

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- Este proyecto presenta el diseño, evaluación técnica y económica de una planta de revalorización de residuos sólidos alimenticios a través de la separación del alimento de su empaque y posterior compostaje de los residuos de alimento; haciendo fuerte hincapié en el diseño del equipo de desempaqueado, el cual procesa los envases de forma que posteriormente sea posible reciclarlos. Por otra parte, la producción de compost a partir de residuos sólidos orgánicos se presenta como una forma de revalorización de la fracción orgánica, que sustituye el método más utilizado de disposición de residuos en nuestro país, el relleno sanitario. Si bien el compostaje no ofrece grandes ganancias, como contrapartida no tiene grandes costos asociados y reduce el impacto ambiental respecto al método más habitual de disposición de residuos en el país, lo que lo transforma en una alternativa atractiva. El proyecto propone procesar 370 toneladas de residuos de alimentos por mes, generando 180 toneladas de compost por mes, calidad A o B. En cuanto a los envases, las alternativas analizadas para su reciclaje no resultaron económicamente viables por lo que se propone compactarlos y disponerlos en relleno sanitario. Si bien, este no es tratamiento esperado, disminuye el impacto ambiental con respecto a la disposición de los residuos originales. Finalmente se concluye que, dadas las condiciones actuales y el entorno de precios observados en el mercado, el proyecto es técnica pero no económicamente viable.

Palabras clave: Revalorización; residuos; compost; diseño mecánico.

Summary.- This project presents the design, technical and economic evaluation of a food solid waste revaluation plant through the separation of food from its packaging and subsequent composting of the food waste; with a strong emphasis on the design of the unpacking equipment, which processes the containers so that they can later be recycled. Besides, the production of compost from organic solid waste is presented as a way of revaluation of the organic fraction, which replaces the most widely used method of waste disposal in our country, the landfill. Although composting does not offer great profits, as a counterpart it doesn't have great associated costs and reduces the environmental impact compared with the most common method of waste disposal in the country, making it an attractive alternative. The project proposes to process 370 tons of food waste per month, generating 180 tons of compost per month, quality A or B. Regarding packaging, the alternatives analyzed for recycling were not economically viable, so it's proposed to compact and dispose it on sanitary landfill. Although this isn't the expected treatment, it reduces the environmental impact with respect to the disposal of the original waste. Finally, it is concluded that given the current conditions and the prices observed in the market, the project is technically but not economically viable.

Keywords: Revaluation; waste; compost; mechanical design.

¹Ing. Industrial, Universidad Católica del Uruguay, email: ddeleonef@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-7584-0173

²Ing. Industrial, Universidad Católica del Uruguay, email: alejandro.hernandez.ch92@gmail.com, ORCID iD: 0000-0001-5482-7255

³Ing. Industrial, Universidad Católica del Uruguay, email: maria.marzoa@ucu.edu.uy, ORCID iD: 0000-0002-2513-844X

1. Introducción.- Las alternativas actuales para la gestión de residuos pueden clasificarse y jerarquizarse en una pirámide invertida donde la prevención se encuentra en la parte superior y la eliminación en la inferior; en medio se encuentran reutilización, reciclaje y valoración. Esta metodología busca la reducción de los desechos dispuestos como pasivo ambiental.

El proyecto analizó la viabilidad de diferentes tecnologías y se optó por la clasificación mecánica para la separación de los alimentos de sus envases. Se propone revalorizar los residuos orgánicos compostándolos (reciclaje biológico) y compactar los envases para su posterior disposición. El diseño del equipo separador procesa los residuos de modo que los envases se mantengan lo más enteros posible, dejando la posibilidad de procesarlos posteriormente para finalmente reciclarlos. A diferencia de otros países donde existen limitaciones espaciales, en Uruguay es posible utilizar métodos de disposición de residuos que requieran grandes extensiones de terreno, pero por contrapartida no requieran instalaciones operacional y tecnológicamente complejas. Esto hace que el compostaje sea una tecnología atractiva que considerar.

Se encontraron pocos emprendimientos en Uruguay de mediana y gran escala que produzcan compost a partir de residuos. A modo de ejemplo se mencionan: Fundación Abonorgánico, BioTerra o Tesor.

2. Composición de los materiales a compostar.- Los materiales a procesar son residuos de alimentos líquidos, sólidos y semisólidos, quedando excluidos enlatados o aquellos con envases de vidrio, así como alimentos cárnicos, porcinos y lácteos. Los principales empaques para procesar serán entonces de papel, cartón, tetra pack, aluminio y una variada cantidad de plásticos.

Se identificó al Mercado Modelo como principal proveedor de residuos a procesar, generando un 90% de los residuos a procesar (330 ton/mes) [1]. Teniendo esto en cuenta y realizando un promedio ponderado de las propiedades [2] para elaborar un mix de los productos a procesar se determinó que éste contará con las propiedades presentadas en Tabla I - Características del mix a procesar.

	C:N mín.	C:N máx.	%N (bs) mín.	%N (bs) máx.	%H mín.	%H máx.	Densidad ap. (kg/m ³)	pH
Mix a procesar	19,04	25,30	2,01	3,35	75,59	88,00	940,00	4,62

Tabla I.- Características del mix a procesar

Dado que el mix no cuenta con los requisitos deseables de una mezcla a compostar (humedad entre 40% - 65%, C:N entre 20:1 y 40:1, pH entre 5,5 y 9,0 [3]), es que se realiza un pretratamiento con aserrín o chips de madera, urea o nitrato de potasio para ajustar estos parámetros.

3. Descripción del proceso.- Se presenta en la Figura I un esquema del proceso propuesto para la revalorización de los residuos.

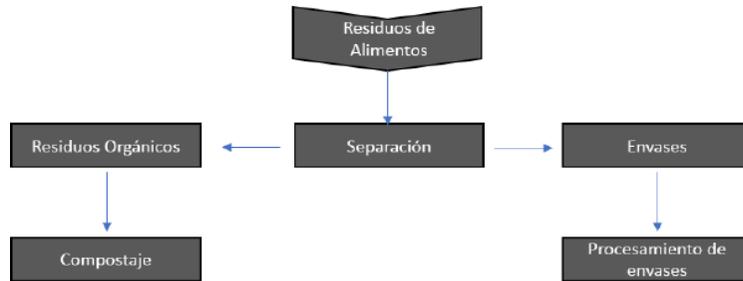


Figura I. - Flujo macro del proceso

4. Capacidad.- Para determinar la capacidad de la planta de tratamiento se analizaron datos de diversas fuentes, como ser información sobre disposición de residuos proveniente de la Dirección Nacional de Medioambiente (DINAMA), cantidad de residuos generados por empresas distribuidoras de alimentos y principalmente información sobre los residuos generados por el Mercado Modelo (85% de los residuos a procesar) [1]. Teniendo esto en cuenta y una proyección de crecimiento a 10 años, se determinó que se procesarían 370 ton/mes de residuos.

5. Descripción del proceso.- Se presentan a continuación un flujograma que ilustra el proceso de separación (Figura II) y otro en el que se observan las etapas determinadas para el proceso de compostaje (Figura III).

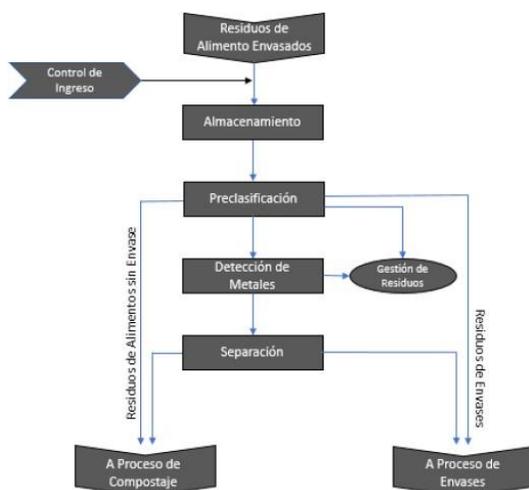


Figura II.- Proceso de separación

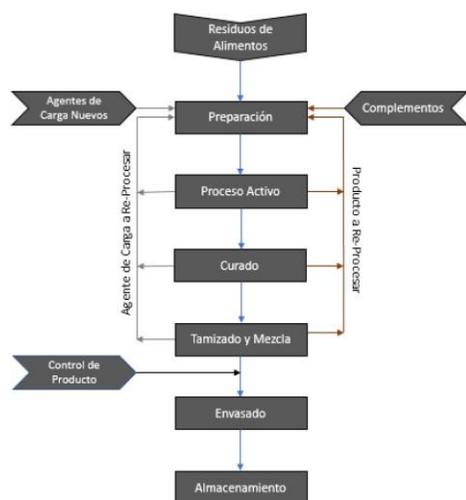


Figura III.- Proceso de compostaje (Rynk, 1992)

Se determinó un área de 600 m2 para el almacenamiento del material recibido en volquetas y pallets, el cual permite absorber posibles paradas productivas. La preclasificación se realiza en mesas de clasificación donde se desconsolidan los pallets, se retiran envases secundarios y elementos no permitidos en el proceso, etapa que requerirá de dos operarios. En el proceso de compostaje se controlan y ajustan, si fuera necesario, variables como humedad, relación carbono-nitrógeno, concentración de nitrógeno y pH. Para las etapas activa y de curado del compostaje se eligió trabajar con un modelo de pilas agitadas.

6. Planta.- La planta industrial se conforma de un conjunto de edificaciones civiles, infraestructura auxiliar e instalaciones electromecánicas diseñadas para este proyecto. Para el diseño se realizaron los estudios técnicos, económicos y legales requeridos por la normativa nacional y departamental.

Se presenta a continuación una descripción resumida del trabajo realizado.

6.1. Localización.- Para la determinación del departamento en el que se ubica la planta de separación, se realizó un análisis cualitativo jerárquico [2]. Los criterios seleccionados para determinar la macro localización fueron: fuentes de residuos de alimentos envasados, localización de consumidores de compost [3], distancia a relleno sanitario, requisitos normativos, suministro eléctrico y de agua, mano de obra disponible, accesibilidad, costo del terreno [4] y cercanía a causas de agua.

En base a los criterios antes mencionados se seleccionó la zona oeste de Montevideo como el área que presenta mayores ventajas estratégicas para la implementación de este negocio. El terreno seleccionado cuenta con un área total de 17,8 hectáreas y se ubica en el municipio G, Melilla. Este se encuentra caracterizado como zona rural de uso preferentemente agrario.

6.2. Ingenierías de planta.- Para que la planta industrial cumpla con los requerimientos necesarios para su operación continua se desarrolló la ingeniería de cada una de las instalaciones electromecánicas, el proyecto básico de la infraestructura civil y el estudio de la logística interna de la planta.

Se dimensionaron y seleccionaron equipos electromecánicos para los procesos de separación, procesamiento de envases y proceso de compostaje. Se destaca la utilización de un equipo autopropulsado de capacidad de 4.000 m³/h para el volteo de compost dentro de galpones ventilados y la utilización de un equipo de separación automático diseñado en este proyecto.

Se dimensionaron cada uno de los edificios (materiales constructivos, layout, localización, dimensiones y uso) así como los elementos requeridos para la infraestructura (caminos, explanadas, cercos y canalizaciones de pluviales). Se realizó la verificación estructural a los esfuerzos generados por vientos, de los edificios de mayor incidencia según la norma UNIT 50:[5]. Se diseñó el sistema eléctrico de potencia de la planta industrial, resultando un sistema de baja tensión con una potencia total instalada de 316 kW, potencia contratada de 152 kW y un consumo mensual estimado de 23.300 kWh. Para esto se tuvo en cuenta [6]. Se dimensionaron los sistemas de agua potable y agua de proceso, determinando una demanda diaria de 13 m³ y se seleccionaron todos los elementos de este sistema.

Se determinó el sistema de protección contra incendios según los instructivos técnicos de la Dirección Nacional de Bomberos [7], concluyendo un sistema integrado de detección y alarma de incendio, señalización de emergencia, extintores portátiles y un sistema hidráulico distribuido de bocas de incendio, las cuales son alimentadas por un equipo de bombeo de una capacidad de 200 l/min a una presión de 5,0 kg/cm².

Para alcanzar las condiciones de salubridad indicadas en el [8] se desarrolló el proyecto de ventilación para cada uno de edificio, para los cuales se utilizaron equipos activos para la extracción o inyección de aire y equipos estáticos para extracción natural.

6.3. Estudio ambiental.- Se realizó un estudio de impacto ambiental buscando minimizar los factores que generan impactos ambientales negativos. Se propusieron medidas de mitigación para

cada uno de los impactos detectados en las etapas de instalación, operación y abandono del proyecto.

La principal mitigación de los impactos ambientales negativos detectados fue el tratamiento de los efluentes líquidos de la operación de la planta (ver Tabla II). La problemática reside en que la carga orgánica y los nutrientes superan ampliamente los valores de vertido permitidos por la normativa nacional lo cual se ve agravado por estar ubicados en la zona de la cuenca del río Santa Lucía donde los requerimientos de vertido son más estrictos [9].

DQO (mg/l)	7.400 – 10.900
DBO ₅ (mg/l)	5.000 – 9.600
pH	8
N _{tot} (mg/l)	150 – 900
P _{tot} (mg/l)	10 - 40

Tabla II - Parámetros característicos de efluentes líquidos del proceso

Luego de realizar una análisis técnico y económico de diferentes tecnologías para el tratamiento de efluentes se determinó tratarlos mediante un sistema de lagunas anaerobias, facultativas y de maduración combinado con un tratamiento fisicoquímico previo [10-11]. Para este tipo de tecnología se definieron todas las variables de proceso como también todos los sistemas auxiliares (infraestructura civil y sistemas electromecánicos) para su correcto funcionamiento. En la Figura IV, puede observarse un esquema de la solución propuesta.

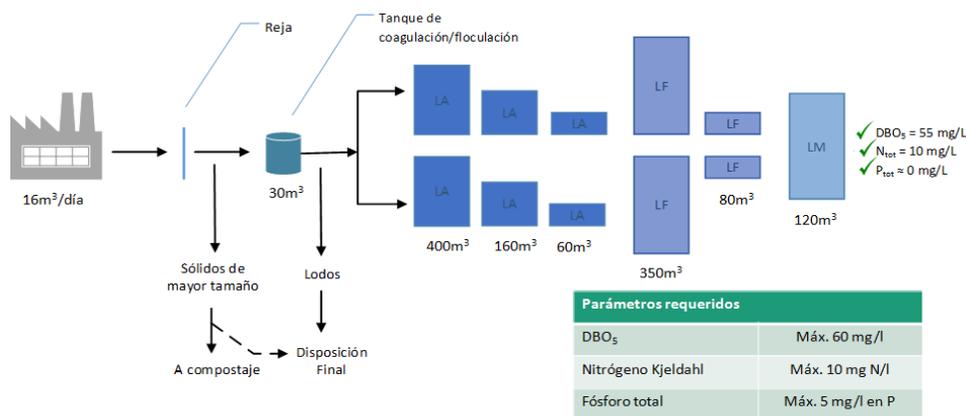


Figura IV.- Sistema de lagunas y parámetros requeridos para vertido de efluentes

7. Equipo separador.- De manera simplificada se puede describir al equipo separador como una envolvente cilíndrica con un eje concéntrico, el cual cuenta con paletas que se disponen sobre el mismo. Se pueden reconocer dos secciones distintas (ver Figura V), la zona de rotura (1) donde los envases son desgarrados y la de vaciado (2) donde se separa el alimento de sus empaques.

Para cada una de las zonas se diseñó la geometría de las paletas y su disposición con respecto al eje, de modo de favorecer la función de cada una de las secciones. En la primera zona se agregaron cuchillas estáticas (barras abulonadas a la envolvente) que facilitan el desgarrado de los paquetes. La zona de vaciado cuenta con una criba en la zona inferior de la envolvente, que facilita la separación. Los alimentos egresan del equipo por esta criba y los envases avanzan y abandonan el equipo más adelante en el recorrido del equipo.

7.1. Selección de tecnología.- Se trabajó con una selección multicriterio para la cual se implementó una herramienta denominada “Proceso Analítico Jerárquico” [2]. Dicha herramienta proporciona una metodología que permite integrar tanto los aspectos tangibles como los intangibles al momento de la selección.

Se utilizan para esto, los siguientes criterios: aptitud para el procesamiento, potencia utilizada, tamaño, eficiencia en la separación, condición final de los envases, condición final de los residuos de alimentos y facilidad de constructiva. Adicionalmente se evaluaron siete equipos existentes en el mercado.

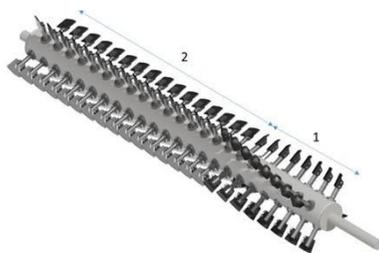


Figura V.- Eje del equipo separador con zonas de rotura (1) y separación (2) identificadas

La tecnología seleccionada a raíz de la evaluación cuantitativa y cualitativa mencionada anteriormente es la de rotor/envolvente, en su modalidad de envolvente estática y rotor con paletas.

7.2. Ensayos.- Con el fin de estimar la potencia necesaria para separar los envases de su contenido, se realizaron mediciones de la energía disipada en la rotura de diferentes productos por el impacto de una paleta, que posteriormente se escaló a la totalidad de las paletas del equipo. Se diseñaron para esto, una serie de ensayos para los cuales se construyó un péndulo de impacto que permitiera llevar adelante las correspondientes mediciones. En los ensayos se variaron parámetros como ser el tamaño, forma y posición de las paletas de rotura, buscando minimizar la energía disipada en los impactos para definir características constructivas del equipo.

A partir de los ensayos realizados se concluye que el modelo de paleta de rotura más adecuado es la denominada “Paleta 80”. Ésta cuenta con una forma trapezoidal y un ancho de 80mm en la base mayor, la cual se biseló en la zona más próxima a la envolvente. Este último mecanizado aumenta la efectividad en la rotura y reduce la energía requerida para esto. En cuanto al ángulo de ataque⁴ se concluye que un ángulo 40° minimiza la energía necesaria para la rotura y otorga mayor efectividad en la misma.

Por otra parte, se determinó que la energía media disipada debido a cada uno de los impactos es de aproximadamente 22 J para el peor de los productos ensayados. Mediante los ensayos de impactos sucesivos se construyó una función que permite aproximar un valor de energía disipada en función del número de golpes recibidos por un mismo envase. Esta función, entre otros factores, es utilizada para estimar la potencia necesaria por el equipo final.

7.3. Modelo matemático.- La cantidad de variables a evaluar en el sector de rotura del equipo, conducen al desarrollo de un modelo matemático basado en la geometría del equipo. Este modelo es potenciado utilizando en el software Scilab el cual permite analizar la hipótesis tomada para la

⁴ Ángulo formado entre el eje del equipo y la paleta.

secuencia de impactos en cada ángulo de giro del rotor. En el caso del sector de vaciado, dada su mayor simplicidad, es posible analizar su comportamiento mediante la utilización de hojas de cálculo de Excel.

El modelado matemático permitió determinar una serie de mejoras al diseño inicial del equipo respecto a la cantidad y disposición de las paletas, cuchillas estáticas y potencia. En el sector de rotura este estudio permite evaluar diferentes configuraciones respecto a la ubicación de las cuchillas estáticas y la ubicación relativa de las paletas. A partir de esto se selecciona una combinación de 4 paletas por arreglo⁵, 7 cuchillas estáticas en la envolvente y un desfase de 5 grados entre arreglos. Esta disposición reduce la variación de la potencia en una vuelta completa del rotor y minimiza la potencia requerida, cumpliendo con los requisitos geométricos para que sea viable el procesamiento de productos con las dimensiones definidas en el proyecto.

Mediante el modelo también se pudo estimar que la potencia total varía entre 22,8 kW (30,5 HP) y 27,5 kW (37 HP), con ciclos que se repiten con una frecuencia de un cuarto de revolución. Puede observarse en la figura VI la potencia consumida total y en cada uno de los sectores del equipo, en función del ángulo de giro del rotor.

Se determinó una potencia media consumida de 25,2 kW (33,6 HP). Para la selección del motor se consideraron la inercia propia del rotor, la del sistema de transmisión y la del equipo motriz. Con lo que se concluye que la inercia permite sobrellevar los picos de potencia sin la necesidad de instalar un motor que cubra la potencia máxima.



Figura VI- Potencia consumida en función del ángulo de giro del rotor

7.4. Diseño mecánico en software de elementos finitos.- Cada uno de los componentes del equipo se diseñaron individualmente y se probaron bajos estados de cargas representativos de las condiciones críticas de la operación, mediante el software de cálculo Autodesk Inventor. Los conjuntos de piezas ensamblados también se ensayaron en modelos simplificados para corroborar las hipótesis de funcionamiento y determinar posibles puntos de falla.

7.5. Prototipo.- En la etapa inicial del proyecto se construyó un prototipo básico del equipo separador que permitió realizar ensayos para definir parámetros de funcionamiento y obtener información para proponer mejoras al mismo. Los ensayos realizados en el prototipo tuvieron como objetivo determinar del tiempo de residencia, verificar la calidad de la separación, observar el comportamiento de los productos dentro del equipo en funcionamiento y evaluar la potencia del motor. Si bien los resultados de los ensayos para determinar la capacidad de procesamiento y la

⁵ Se entiende por arreglo una sección ortogonal al eje que contiene cierta distribución de paletas. En el arreglo siguiente se repite esta distribución.

calidad de separación no fueron concluyentes, permitieron encontrar detalles constructivos que fueron mejorados en el diseño del equipo final del equipo.

7.6. Diseño final.- En base a los ensayos, observaciones y modelos realizados, se generó un modelo final del equipo que se denominó Depacker DHM1 (figura VII). Su objetivo es separar los residuos de alimentos de sus respectivos envases y cuenta con una capacidad de procesamiento de 3.000 kg de residuos por hora. Sus dimensiones principales son: 2400 mm de largo, 500 mm de ancho y 1200 mm de altura, sin incluir el sistema de transmisión, la tolva y la plataforma. Tiene un peso total aproximado de 500 kg.

La máquina posee con un motor trifásico de 30 kW y velocidad nominal de 1490 rpm. La potencia es transmitida al eje de la máquina mediante una transmisión por correas con una reducción variable que le permite velocidades de entre 150 y 750 rpm. Se encuentra construido mayoritariamente de acero inoxidable AISI 304 a excepción de las paletas de rotura y las cuchillas estáticas que se conforman con un acero aleado de alta tenacidad.

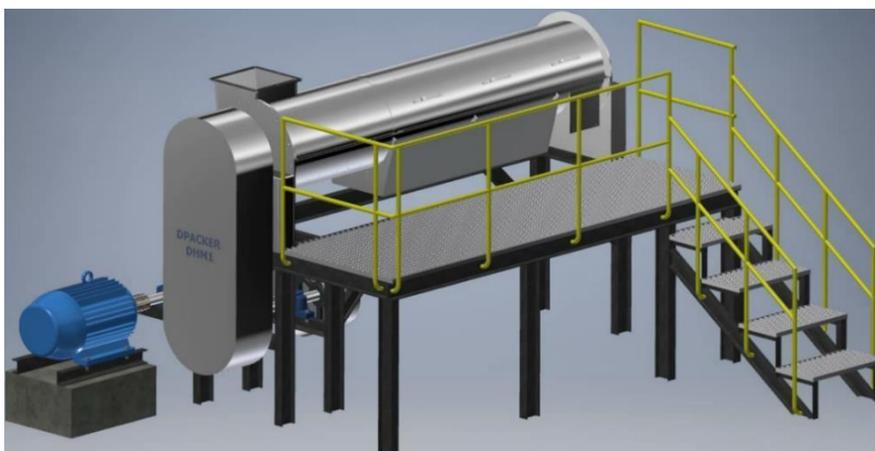


Figura VII.- Ilustración del diseño final del equipo separador Depacker DHM1

8. Conclusión.- Se considera un proyecto valioso dado que trae consigo un desarrollo tecnológico nacional y una alternativa a la problemática de tratamiento de residuos sólidos de alimentos para el país, principalmente en Montevideo; reduciendo significativamente el volumen de residuos destinados a relleno sanitario. Sin embargo, el estudio financiero concluye que el proyecto no es económicamente viable por sí solo, por lo que dependería de financiamiento para llevarse adelante. Cabe destacar que nos encontramos en un momento de revisión a nivel nacional y global respecto a los procesos de gestión de residuos, lo que podría conducir a modificaciones en normativas nacionales al respecto. Esto podría impactar en el estudio financiero y transformarlo en una alternativa viable.

9. Referencias

- [1] Observatorio Granjero, “Mercado Modelo: anuario estadístico,” Montevideo: Observatorio Granjero, 2017.
- [2] J. Jiménez, “El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones,” *R Rect@ Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, vol. 1, 2002.
- [3] MGAP, *Regiones Agropecuarias del Uruguay*, Montevideo: MGAP, 2015.
- [4] Uruguay XXI, “Uruguay XXI promoción de inversiones y exportaciones: costos de instalación,” 2017. [Online]. Available: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/costos-de-instalacion/>.
- [5] UNIT, 50:1984 “Acción del viento sobre construcciones,” Montevideo: UNIT, 1984.
- [6] UTE, “Reglamento de Baja Tensión,” [Online]. Available: <https://portal.ute.com.uy/clientes/tramites-y-servicios/tecnicos-y-firmas-instaladoras/reglamento-de-baja-tension> .
- [7] *Decreto 150/016*, 2016.
- [8] *Decreto 406/88 Prevención de accidentes de trabajo*.
- [9] *Decreto 253/79*.
- [10] M. v. Sperling, *Waste Stabilisation Ponds*. London: IWA Publishing, 2007.
- [11] M. I. Aguilar, J. Sáez, M. Lloréns, A. Soler, and J. F. Ortuño “Nutrient removal and sludge production in the coagulation–flocculation process,” *Water Research*, vol. 36, n°11, 2002.

Control automático y supervisión remota de un biorreactor Stirred Tank

Automatic Control and Remote Supervision of a Stirred Tank Bioreactor

Fernando Hernández¹, Carlos Cigliutti², André Fonseca³

Recibido: Febrero 2020

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- El diseño cuidadoso de un sistema de biorreactor regulado, eficiente, escalable y portátil para el análisis de una variedad cada vez mayor de procesos biológicos y químicos es actualmente de suma importancia para el desarrollo de la Biotecnología. La interacción mutua existente de las variables involucradas dificulta la optimización del sistema e insta a la necesidad de integrarlo con un alto rendimiento y adaptabilidad contra los cambios en respuesta a diferentes características. En el documento se propone un método validado para la regulación de la velocidad de agitación y temperatura del biorreactor, así como el pH del compuesto mediante técnicas tradicionales basadas en ON-OFF, integradores, derivadores y controles Fuzzy. El sistema resultante permite su configuración y supervisión ya sea local o remotamente con encriptación, gestionando apropiadamente el contenido almacenado e intercambiado entre dispositivos.

Palabras clave: Biorreactor; Bioproceso; Sistema de Control; Adaptabilidad; Mantenibilidad

Summary.- *The careful design of a regulated, efficient, scalable and portable bioreactor system for the analysis of an ever-growing variety of biological and chemical processes is currently of paramount importance for the development of Biotechnology. The existing mutual interaction of the variables involved hinders the optimization of the system and urges the need to embed it with high performance and adaptability against changes in response to different characteristics. In this paper is proposed a validated method for the regulation of the bioreactor's agitation speed and temperature as well as compound pH by traditional techniques based on ON-OFF, integrators, derivatives and Fuzzy controls. The resulting control system enables its configuration and supervision either locally or remotely with encryption, managing the content stored and exchanged between devices.*

Keywords: *Bioreactor; Bioprocess; Control System; Adaptability; Maintainability*

1. Introduction.- Bioreactors are the main units of operation for the industrial biochemical transformation in which the treated materials promote biological transformation by the action of living cells or by cellular components such as enzymes [1]. They consist of standard systems in either size and functionality composed of a complex set of pipes, fittings, cables, sensors and actuators where the fermentation process and all its consequent biological reactions are carried out, causing a major design challenge for individuals of the area who need to make a prior intensive analysis of the compound to be processed. This is justified by the differential behavior of each reaction the system ought to put through, estimating and considering the interactions with substances or unavoidable elements of the environment that are often unwanted.

¹ Depto. de Control Automático, Universidad ORT Uruguay, ferhemagu@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-0402-0220

² Depto. de Control Automático, Universidad ORT Uruguay, cgcigliutti@gmail.com, ORCID iD: 0000-0001-9058-9223

³ Depto. de Control Automático, Universidad ORT Uruguay, fonseca@ort.edu.uy, ORCID iD: 0000-0002-3526-4589

With the objective of optimizing cell growth in order to obtain a reduction in fabrication and commercialization times, new types of bioreactors technologies are constantly being developed to continue improving productivity, pursuing the most efficient expression of the biological properties of usual microorganisms to achieve more favorable interactions between cells and culture media [2].

This is obligatory sought in a tightly controlled environment, providing efficient means of mixing, mass transfer and heat between the different bioprocesses phases with both complex non-linear and dynamic properties and delicate environment conditions.

The control of a bioreactor takes into account several variables that influence each other in distinctive degrees, such as the pH of the sample, the temperature of the compound, the level of dissolved oxygen and the speed of the agitation. Each variable affects the study compound differently and must therefore be considered and treated differently. Thus, it is proposed an automatism composed of multiple controllers that allow to regulate and modify the aforementioned relevant variables of the system.

The desired automation is mainly focused on maintaining an acceptable and stable performance though considering the organisms standard growth conditions and rapid adaptation of the systems response against unscheduled changes generated by the environment or the organic reaction itself.

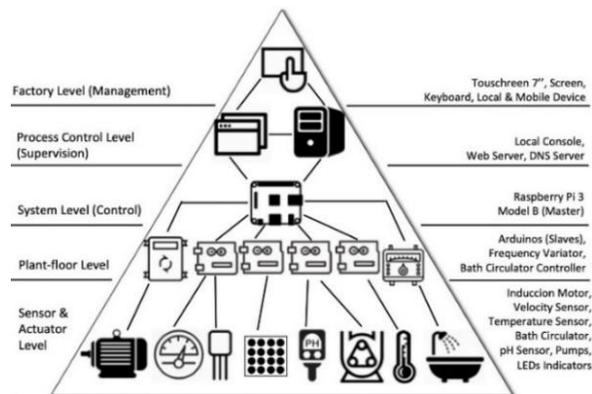


Figure 1.- CIM Model of the proposed system design

As shown in Figure I, the architecture of the proposed system is centralized in a master controller located in a Raspberry Pi, on which to develop the main controllers, user management and auxiliary functions, as well as the web server for remote supervision. This master controller communicates with slave controllers consisting of both traditional Arduinos and various devices of tertiary companies. This chosen design is argued by its simplicity and coherence, seeking general control focused on a single device that is responsible for the processing and delegate of data and information. This decision also facilitates the use, scalability, ordering and maintenance of the entire system by any operator. In addition, the Raspberry Pi is preferable as a central component due to its economical advantages and its large amount of available documentation and libraries that make it extremely versatile and usable. This arrangement also responds to the decided premise of using a controller for each control parameter, thus being able to future expansion both in spatial redundancy and using sensors and/or actuators of other magnitudes.

2. Agitation Velocity Control.- The decided first magnitude to control is the system rotation speed with which to agitate, being of utmost importance in all bioprocesses in order to achieve a complete mixture of the components and adequate aeration of the cells of the study compound, mandatory when using aerobic organisms [3]. Oxygen requirements generally depend on the energy of the processes steps leading to the product and, because oxygen uptake is linked to cellular metabolism, oxygen dynamics reflect changes in environmental conditions. In this respect, the main factors of the design of a bioreactor that influence agitation are its shape, the number and arrangement of the blades used, the speed required, the dimensions of the container and the depth of the poured compound.

2.1. Agitation Peripherals.- For the measuring of the speed, it is used a customized system consisting of rotating a grooved disc attached to the motor shaft represented in Figure II (a), justified by expensive design alternatives concerning the adaptation of the encoder. The sensing of the actual agitation speed of the motor is made by timing each 100 μ s for native interruptions of the Arduino and collecting the counter as long as the hole in the slotted disk is not detected. Once the groove is detected, the calculation is carried out to calculate the speed at which the disk is fixed to the shaft and therefore the rotation of the motor. As displayed in Table I, this method achieves in measuring asynchronously the rotation speed of the blades, getting a heterogeneous error in the working range. This also involves that the first round of the disk must necessarily be discarded in order to continue with the magnitudes correct measurements.

Having considered several possible actuators such as universal motors and analog overhead stirrers with DC motors, it remained preferable to use an industrial induction motor with distinguishing characteristics like availability for high torque and flexibility in times of use, enabling its continuous operation for consecutive days. This 6 poles triphasic engine has its speed regulated by the setup of an attached Variable Frequency Drive (VFD) with multiple internal registers to configure remotely using Modbus RTU. While testing its performance it is on one hand observed the precision reached is not entirely acceptable for accurate usage, keeping a variable error throughout the working range which normally increments when in lower velocities as presented in Table II. On the other hand, after an average delay of 1 second as viewed in Figure II (b), the steady state is reached quickly in critically damped mode, avoiding over-demands to the system.

Velocity Range [rpm]	Interruptions Count	Maximum Speed Range [rpm]	Estimated Error
200 - 270	3000 - 2222	0.12147	0.04%
271 - 330	2221 - 1818	0.18143	0.05%
331 - 390	1817 - 1538	0.25349	0.06%
391 - 450	1537 - 1333	0.33742	0.07%
451 - 510	1332 - 1176	0.43348	0.08%
511 - 570	1175 - 1052	0.54163	0.09%

Table I.- Analysis of the relative error in the speed Measurements

Frequency in Actuator [Hz]	Velocity Objective [rpm]	Velocity Measured [rpm]	Relative Error
10.0	200.0	194.3	2.85%
15.0	300.0	293.8	2.07%
20.0	400.0	393.4	1.65%
25.0	500.0	493.0	1.40%
30.0	600.0	591.9	1.35%

Table II.- Agitation Subsystem Study: Open Loop Behavior

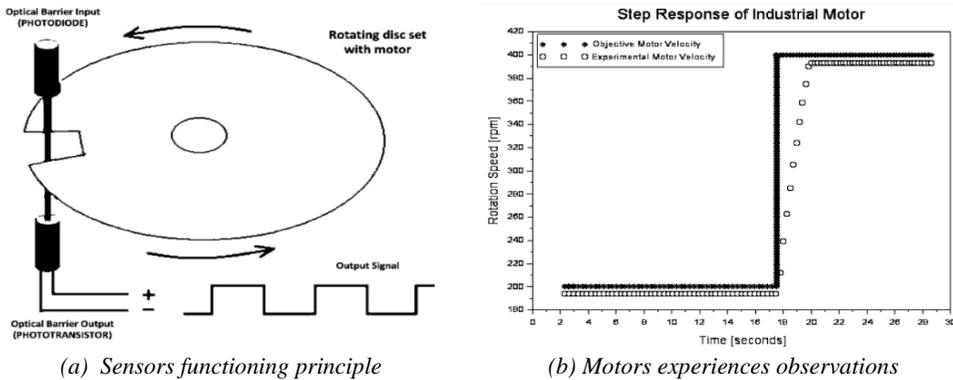


Figure II.- Survey results of peripherals characteristics

2.2. Velocity Control Description.- Analyzing the habitual behavior of the rotation speed of the induction motor in front of different inputs, it is possible to carry out the development of a control system with the logic shown in Figure III, in order to optimize the response and precision found in open loop.

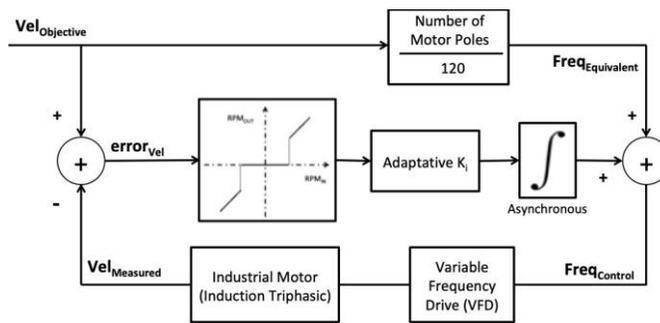
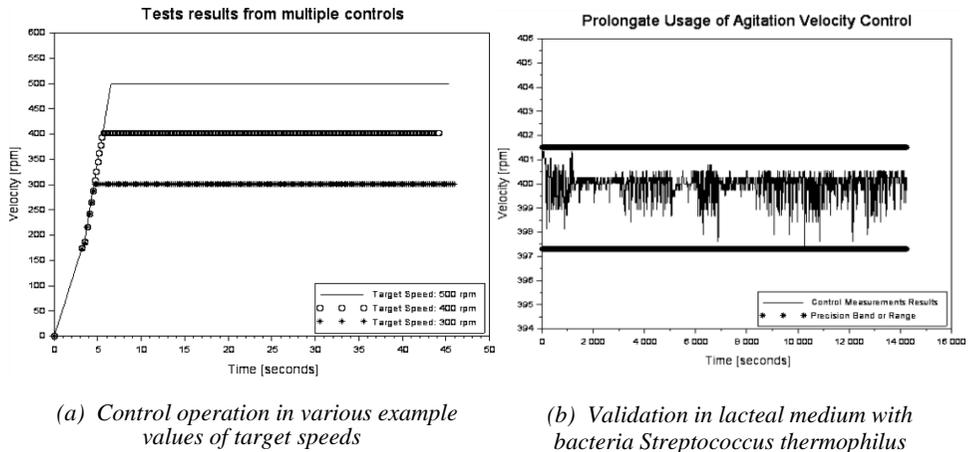


Figure III.- Block diagram of proposed Agitation velocity control

It is therefore proposed to use an adapted integrative control that allows an integrating parameter variation depending on the objective values and consequent steps to be made. This process of adaptation or tuning of the parameters of the integrator is carried out experimentally and in a multitude of compounds of varied viscosity. Likewise, a deadband of 1.0 rpm is used with respect to the objective due to the VFD precision, simultaneously seeking to avoid a permanent oscillation of the input variable to the system, achieving an acceptable precision and obtaining the results displayed in Figure IV and Table III.

Speed Range [rpm]	Integ. Parameter [rpm-1]	Transient Time [sec]	Steady State Max Relative Error
200 – 250	0.330	3.208	0.43%
251 – 300	0.122	3.678	0.40%
301 – 350	0.059	4.330	0.38%
351 – 400	0.048	5.660	0.35%
401 - 450	0.042	5.731	0.29%
451 – 500	0.027	6.624	0.2%
501 – 550	0.019	7.270	0.17%

Table III.- Agitation subsystem study: closed loop observations



(a) Control operation in various example values of target speeds

(b) Validation in lacteal medium with bacteria *Streptococcus thermophilus*

Figure IV.- Application and testing of proposed agitation velocity control

3. Temperature Control.- This second magnitude studied is mainly determinant in the speed or rate of the cell growth process, existing for different microorganisms and each stage of the fermentation a known optimum temperature range, found by the scientific community experimentally [4]. In the treated processes, in case of maintaining the temperature of the organism constant throughout the fermentation, it would not be necessary to implement any feedback control, since it would be enough to determine its optimum value. However, in practice there are multiple internal biochemical reactions which are system and compound specific and can cause abrupt and arbitrary temperature changes that are difficult to predict accurately.

3.1. Thermal Behavior Analysis.- The defined temperature control subsystem consists of a duly protected RTD Pt100 sensor with OneWire interaction and 0.05°C precision as well as an external bath circulator with same internal sensor type and consequent Fuzzy control of inner fluid. The heat transfer to the study compound occurs through an outer jacket of stainless steel that is connected to the circulator by means of aluminum-coated pipes capable of withstanding the 90°C required particularly for the system pasteurization and sterilization. This lays the path to several bidirectional interactions that affect the system thermal response such as energetic losses by contact, notorious initial delay response and thermal inertia, as represented in Figure V.

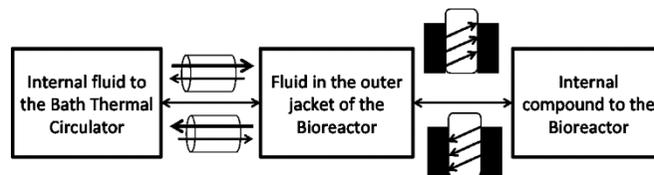


Figure V.- Interaction between fundamental components of temperature control

It is then evaluated the most usual steps in the fermentations worked. These sections consisted of 18°C to 25°C intervals (of main relevance for fungal experiments) and 18°C to 37°C (important range for working with bacteria). These experiences had thus to be studied carefully by sections and in both directions (increasing and decreasing the temperature as shown in Figure VI) in order to observe the greatest number of cases and behaviors against the same environmental variables.

Objective Range [Celsius]	Inner Circulator Range [Celsius]	Inner Bioreactor Range [Celsius]	Objective Rel. Error
5 - 14	5.3 – 14.5	5.6 - 15	12%
15 - 49	15.2 – 49.3	15.2 - 49.5	1.33%
50 - 71	50.4 – 71.5	51.3 – 72.8	2.53%
71 - 85	71.7 – 85.6	73.2 – 87.2	3.10%
86 - 95	86.8 – 95.6	88.9 – 97.7	3.37%

Table IV.- Study by temperature ranges of the compounds steady state

Once analyzed throughout the 5°C to 95°C range, it is observed that the bioreactor temperature steady state value does not necessarily reach every time the actuator setting point as displayed in Table IV, arriving at the thermal equilibrium at the value collected in the container considering the losses and filtrations inherently existing. These differences are more notorious the greater the set target, existing sparse discrepancies at low values. With regard to transient time, no such variation is found in the work range considered, with an average time of 400 seconds in 2°C to 10°C steps and with subtle longer duration in initial steps when heating or cooling.

3.2. Temperature Control Explanation.- At the moment of designing the temperature control logic, and considering satisfactory the response characteristics observed when acting the circulator Fuzzy control, it is proposed to perfection its influence on the general system.

As shown in Figure VII, the control system design is based on integrators and derivatives developed in floating control mode in a neighborhood of 3.0°C and a deadband of 0.2°C in order to avoid unnecessary thermal circulator over-use and prevent often visualized permanent oscillation of the response by temperature. Outside this interval, the own circulator control is used in its usual mode. This limitation is found to be motivated by the desire to evade as much as possible periodic modifications to the actuator behavior, in order to reduce the probabilities of failures both in communication and in the equipment nominal operation. In the same way, the floating control is simultaneously limited by time as soon as a more frequent and excessive action is detected when approaching the configured target value. This restraint is defined in 90 seconds, therefore the conditions must be fulfilled in both time and temperature to allow a change in the action on the actuator. This adaptation and selection of parameters achieved throughout the usual work range work is benefited by the slowness of the observed behavior as displayed in Figure VIII, which helps dealing with occasional random factors.

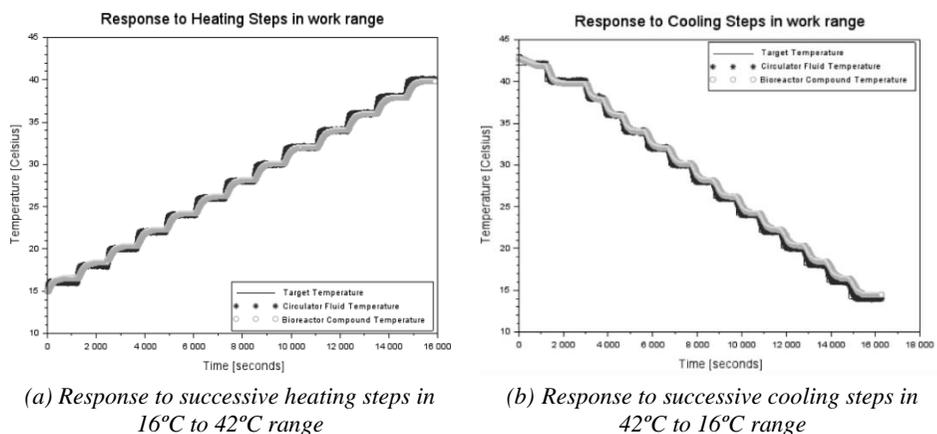


Figure VI.- Results example of the system thermal experiences

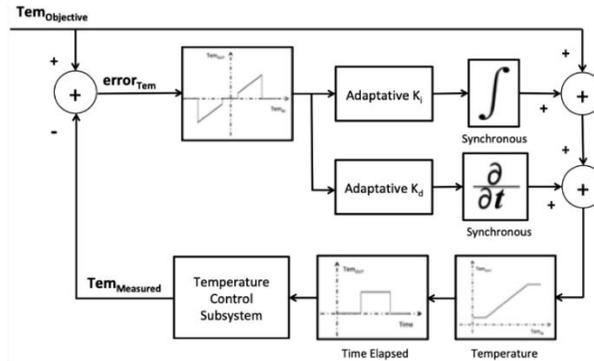
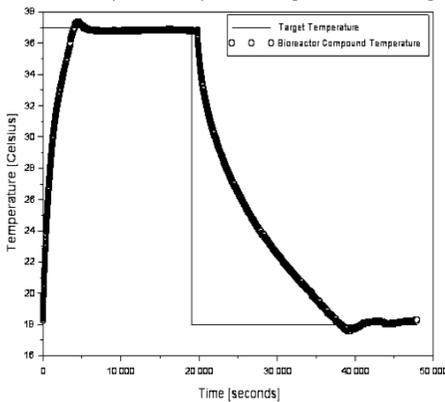


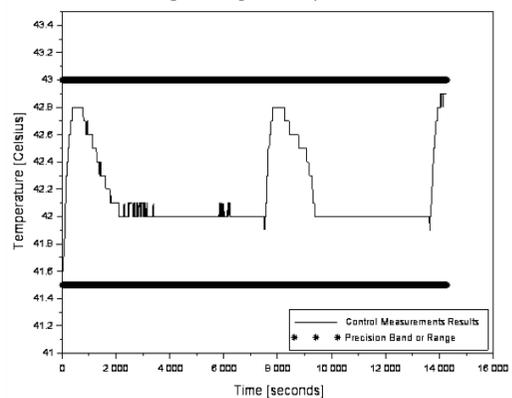
Figure VII.- Block diagram of proposed temperature control

Control of Temperature Response in Range 18 to 35 Celsius grads



(a) Complete heating and cooling procedure in the usual work range.

Prolongate Usage of Temperature Control



(b) Validation in lacteal medium with bacteria *Streptococcus thermophilus* with target 42 Celsius.

Figure VIII.- Application and testing of proposed temperature control

4. Compound pH control.- The pH in bioprocesses has arbitrary variations both in time and proportion consequences of predominant chemical reactions that alter the general conditions of the system, of close relationship with the variations in temperature of the compound [5]. In order to mitigate abrupt changes in pH and as a secondary measure, it is common to use buffer components, in order to maintain the level of acidity or alkalinity of a substance exposed to chemical reactions, trying to avoid generating unwanted reactions. This use of conjugates is what gives these solutions their characteristic resistance to changes in pH, since it creates a balance between acid and base that is difficult to overcome by other acids or bases. However, when these changes in pH exceed the known capacity of the buffer, the break occurs, after which the pH will vary radically as if no auxiliary solution is used.

4.1. Ph Response Examination.- For the performance of the pH Control it is used two peristaltic pumps controlled by PWM with corroborated 68µL per drops of acid or base and an electrode sensor of 0.002 value precision interacted with I²C, capable of validated with standing temperatures from 0°C to 50°C. So as not to use high resources volumes unnecessarily, it is proposed a system scaling which delegate equivalent results in consequence of the relative correlation of substances behaviors to be examined in terms of the buffer solutions concentration and the acids and bases molarities.

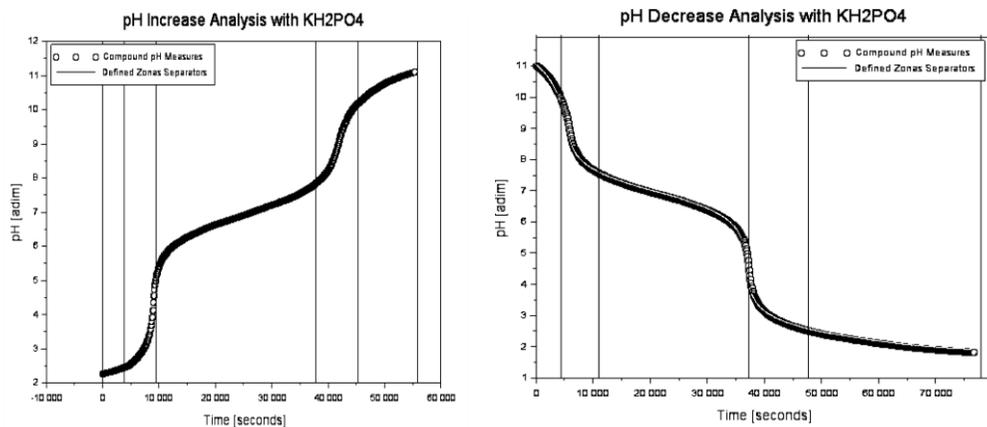
Theoretically Defined Zone	Drops Used (Base, Acid)	Time Elapsed [seconds] (Increasing, Decreasing)
Acid Reference	53, 322	3880, 30214
Acid Transition	47, 115	5640, 10337
Buffer Plateau	322, 298	28230, 26388
Base Transition	73, 62	7530, 6610
Base Reference	115, 39	10550, 4330

Table V.- Experimental characteristics of differentiated zones

It is then proceeded to execute sufficient experiments at various intervals in order to have an adequate knowledge of the system characteristics in terms of their behavior against pH variations, using mainly 1 M solutions of phosphate buffer (KH_2PO_4), sodium acetate ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$), lacteal medium and proprietary blends with yeasts. According to these experiences, the existence of several markedly different sensitive areas is appreciated as shown in Figure IX and Table V, favored by the actuators immediate action on the pH, making it impossible to collect intermediate values between two contiguous points.

4.2. ON-OFF control Applications.- Based on the results of previous experiences, an ON-OFF control is proposed, deciding the action according to the current pH error sign and system sensitivity as represented in Figure X. Consequently, it is determined the number of drops necessary to maintain the pH value in a neighborhood of acceptable precision, estimated based on the defined area in which the compound is located at the measuring moment. It is preferred at all times the use of the minimum necessary amount of acid and base to prevent quickly emptying the recipients carrying the aforementioned performers, while cautioning avoid oscillations. Then, a 0.05 deadband is used and a minimum time between expulsions of 6 seconds. This leads to satisfactory results shown in Table VI and Figure XI.

In order to enable a user customization on the control and provide tools to increase the flow or speed of the droplet ejection, the actuator is designed to allow variation of interval and number of drops per burst.



(a) Increase of pH using phosphate buffer, indicating zones.

(b) Decrease of pH using phosphate buffer, indicating zones.

Figure IX.- Results of continuous evolution of pH values in work range

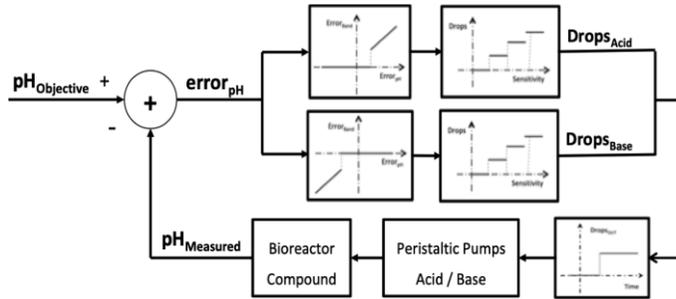


Figure X.- Block diagram of proposed pH ON-OFF control

Theoretically Defined Zone	Response Sensitivity [seg-1] (Increasing, Decreasing)	Drops Applied (Base, Acid)
Acid Reference	0.1e-03, 75e-06	3, 4
Acid Transition	0.6e-03, 0.37e-03	1, 2
Buffer Plateau	68e-06, 73e-06	4, 4
Base Transition	2.9e-03, 3.7e-03	2, 2
Base Reference	0.2e-03, 1.4e-03	3, 3

Table VI.- Distinction in zones made by pH control in ON-OFF mode

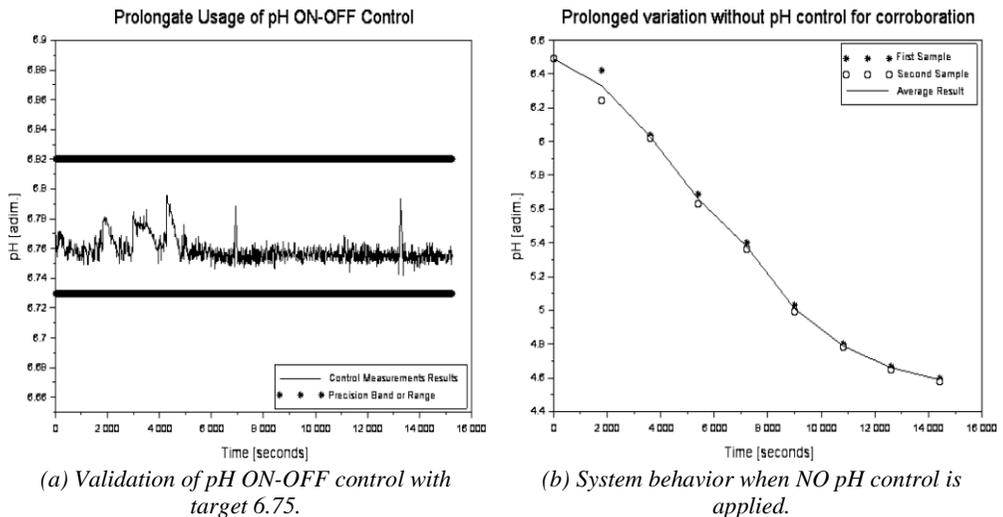


Figure XI.- Application and testing of proposed pH ON-OFF control in lacteal medium with bacteria *Streptococcus thermophilus*

4.3. Fuzzy Control Application.- Alternatively, the use of Fuzzy control is proposed, which allows to obtain a definitive conclusion based on vague, ambiguous, imprecise, noisy, inaccessible or unable to mathematically model information, causing a smooth control output for a wide range of excitations [6]. Thus, three Fuzzy sets are defined: two inputs and one output, seeking to simplify the design of the control against slight variants found in the system response. By experimentally defining the three triangular membership functions and if-then rules shown below, the chosen method for defuzzification is the area centroid.

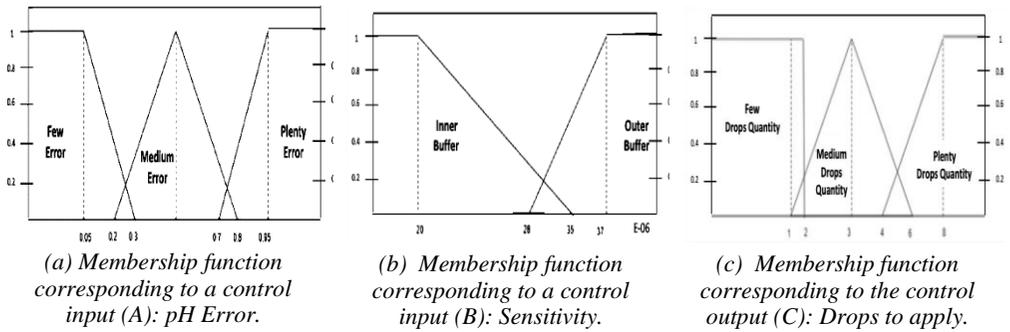


Figure XII.- Implemented functions of the proposed pH fuzzy control

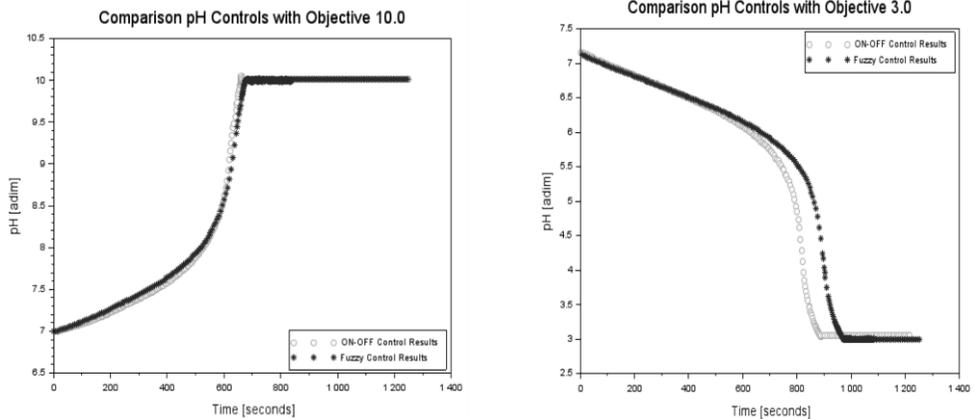
$$\begin{aligned} (A' \wedge B^2) \vee (A^{0.5} \wedge B') &\rightarrow C^{0.5} \\ (A^2 \wedge B^2) \vee (A' \wedge B') &\rightarrow C' \\ A^2 \wedge B' &\rightarrow C^2 \end{aligned}$$

It is then proceeded to compass the same experiments on the buffer solutions, observing a sufficiently acceptable resulting behavior but with a target arrival time greater than the previous ON-OFF control, which refers to have a more satisfactory adaptability to noted changes. These considerations relate to the complexities of general optimization of Fuzzy parameters.

5. Remote Management.- The security of the data displayed to the user satisfactorily guarantees the authenticity and integrity of the information, using symmetric encryption by AES-256 ciphered by blocks according to CBC with padding PKC#7 and hash authorization according to HMAC-SHA256, ensuring in turn the correct compatibility between both ends of the remote and local server [7]. This protection manages to avoid access by any user to restricted data of the system (such as information from other users, equipment reservations, fermentation, system status, histories) and that they can only be viewed, used and edited through the interfaces provided in the system, by those users who are authenticated and have the authorization for such actions. For this purpose, it is decided to encrypt and decrypt the sensitive content once closed and the application started respectively, with backups periodically every hour from the start of the program in case of prolonged use.

The communication between processes and with the global program is carried out through shared memory due to its low probability of access collisions and the impossibility of blockages due to readings and writings that are not synchronized between ends. In addition, the slower access of this method of communication is not problematic as it does not result in extreme accuracy in the response times and pursuit of data refreshments on the screen of 10 seconds of interval (for a normal duration of the 1-week process).

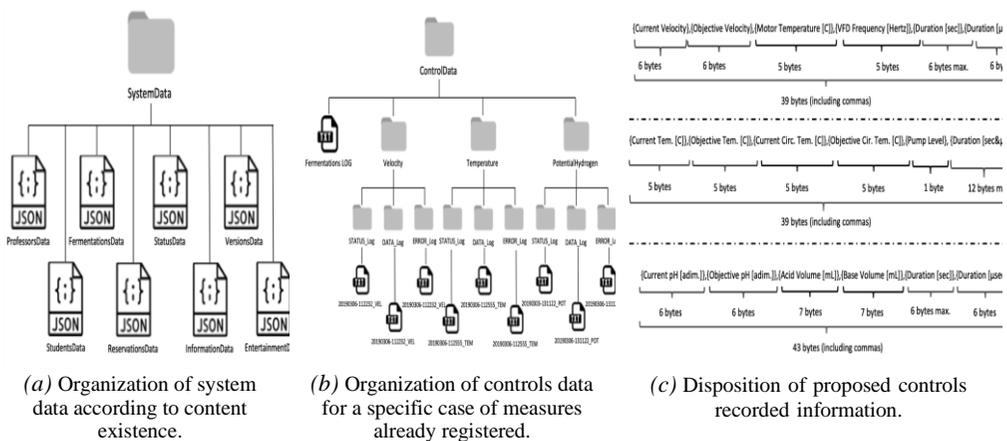
As shown in Figure XIV, the relevant information is organized in system and controls data, with respect to the relevance of the same for the registration and later visualization of the registered results, or for the correct functioning of the system.



(a) Application of controls on phosphate buffer in 7.0 to 10.0.

(b) Application of controls on phosphate buffer in 7.0 to 3.0.

Figure XIII.- Comparison between both proposed alternatives to pH Control



(a) Organization of system data according to content existence.

(b) Organization of controls data for a specific case of measures already registered.

(c) Disposition of proposed controls recorded information.

Figure XIV.- Representation of general system and controls data management

Both types of data are therefore treated differently in terms of the protection provided (those inherent to the overall operation had to be coded and authenticated), being equally accessible by the instrument operator.

The system sensitive data makes use of the JSON database format in such a way to simplify its reading by the remote server and the understanding of the data stored in the local console, with ease of future expansion. Similarly, the controls general data correspond to strings of raw numerical values without protection ordered according to a determined structure that respond to the results obtained from the peripheral sensors and actuators. This information of the controls allows knowing the characteristics of the current state of the same and the evolution of the corresponding parameters of interest of the present fermentation, initializing a new file in each initialization of the control. For the latter records it is not considered necessary to use a particular database because of the need for a quick reading of the information and for the low amount of data that is normally used.

6. Conclusion.- The proposed control system successfully achieves in automatically regulate main bioprocesses parameters like agitation speed, temperature and compound pH. The former meets a maximum nominal error of approximate 0.8% with superior 0.1% accuracy, while the temperature reaches an average overdraft of 4.0% and a maximum steady state error of 2.7%. The latter particular behavior facilitates the implementation of two possible controls with similar results. Finally, the globally affordable system design makes place for future possible improvements and addition of new control parameters.

7. References

- [1] M. R. Spier, L. P. de Souza Vandenberghe, A. B. P. Medeiros, and C. R. Soccol, *Application of different types of bioreactors in bioprocesses*. Parana: Univeristy of Parana, Bioprocess Engineering and Biotechnolgy Department, 2011, pp. 58-69.
- [2] J. G. Akpa, “Modeling of a bioreactor for the fermentation of palmwine by *Saccharomyce cerevisiae* (yeast) and *lactobacillus* (bacteria),” *American Journal of Scientific and Industrial Research*, vol. 3, n°4, pp. 231-239, 2012.
- [3] Y. Zhou, L. Han, H. He, B. Sang, D. Yu, J. Feng, and X. Zhang, “Effects of agitation, aeration and temperature on production of a novel glucoprotein GP-1 by *Streptomyces kanasenisi* ZX01 and scale-up based on volumetric oxygen transfer coefficient,” *Molecules* vol. 23, pp. 1-14, 2018.
- [4] R. Noor, Z. Islam, S. K. Munshi, and F. Rahman, “Influence of temperature on *escherichia coli*: growth in different culture media,” *Journal of Pure and Applied Microbiology*, vol. 7, n°2, pp. 899-904, 2013.
- [5] P. Sarkar, and G. K. Suraishkumar, “pH and temperature stresses in bioreactor cultures: intracellular superoxide levels,” *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 50, n°23, pp. 13129–13136, 2011.
- [6] J. S. R. Jang, C. T. Sun, and E. Mizutani, *Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence*. New Jersey: Prentice Hall, 1997, pp. 1-90.
- [7] E. S. I. Harba, “Secure data encryption through a combination of AES, RSA and HMAC,” *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 17, n°4, pp. 1781-1785, 2017.

Clasificador de logs de acceso para detección de incidentes de ciberseguridad

Customized access log classifier for cybersecurity incident detection

Miguel Pérez del Castillo ¹, Gastón Rial ², Rafael Sotelo ³, Máximo Gurméndez ⁴

Recibido: Diciembre 2019

Aceptado: Noviembre 2019

Resumen.- Recientemente los sitios web de los gobiernos en el mundo han sido objeto de ataques informáticos. Por ello urge una solución que asista a los analistas de ciberseguridad a detectar los incidentes con rapidez. Para optimizar el tiempo de detección en el proyecto se desarrolló un clasificador que filtre líneas de logs de servidores web en formato CLF (Combined Log Format) que indican comportamiento anómalo. Para ello, se codifican los logs de acceso en representación vectorial y luego se usa el algoritmo de aprendizaje automático K-NN ponderado (K vecinos más próximos) para filtrar los logs. Los datos de entrada fueron provistos por el CERTuy (Equipo de Respuesta ante Emergencias Informáticas) y el SOC (Centro de Operaciones de Seguridad). De las pruebas realizadas sobre el servicio de clasificación, se detectó el 82% de ofensas de ciberseguridad de un conjunto de datos asociado, se logró filtrar el 80% de logs que indican comportamiento normal y se disminuyó el tiempo de detección de logs que indican comportamiento anómalo de 13 horas a 15 minutos.

Palabras clave: Filtrado; Respuesta de ciberseguridad; CLF; Aprendizaje automático.

Summary.- *The number of attacks on government websites has escalated in the last years. In order to assist in the detection process conducted by cybersecurity analysts, this document suggests implementing machine learning techniques over web server access logs. The overall objective is to optimize the detection time using a customized classifier which selects traces corresponding to anomalous activity. Specifically, web server combined log format (CLF) access logs coded as real vectors are an input to a weighted K-NN nearest neighbors' model. The methodology was tested on datasets and premises provided by the CERTuy (National Cybersecurity Event Response Team) and the SOC (Security Operations Center). According to evaluations 82% of cybersecurity offenses have been detected, 80% of normal behavior has been filtered and the reduction time has been reduced from 13 hours to 15 minutes.*

Keywords: Filtering, Cybersecurity response, CLF, Cachine learning.

1. Introducción.- Desde el 2010 la digitalización de los procesos en el ámbito estatal y corporativo, además del incremento acelerado del número de usuarios web, debido a desarrollos tecnológicos en los medios de acceso e infraestructura de telecomunicaciones, ha dejado vulnerables a los portales estatales, los cuales son blanco para el cibercrimen y el espionaje internacional.

¹ Ing. Informática, Universidad de Montevideo, mperez9@correo.um.edu.uy, ORCID iD: 0000-0001-5500-8892

² Ing. Telemática, Universidad de Montevideo, grial1@correo.um.edu.uy, ORCID iD: 0000-0001-9174-5937

³ Dr. Ing. Telemática, Universidad de Montevideo, rsotelo@um.edu.uy, ORCID iD: 0000-0002-4034-3177

⁴ Ing. Informática, Universidad de Montevideo, mgurmendez@correo.um.edu.uy, ORCID iD: 0000-0001-6435-0200

El desarrollo y supervisión de esos portales web es impulsado por AGESIC (Agencia para el Gobierno Electrónico y la Sociedad de la Información y el Conocimiento). Entre otras tareas dirige la estrategia e implementación del gobierno electrónico en Uruguay, y controla la confidencialidad e integridad de los sitios web estatales.

Los centros encargados del control de ciberseguridad de los portales son el CERTuy y el SOC. El CERTuy se constituye de especialistas en técnicas de prevención y respuesta ante incidencias de seguridad en los sistemas informáticos, mientras que el segundo está integrado por analistas en seguridad cuyo fin es monitorear permanentemente los registros de actividad en la red interna de los institutos estatales.

2. Definición del problema.- El objetivo es optimizar la duración de análisis de logs de acceso en formato CLF correspondientes a sitios web por parte del equipo de respuesta (CERTuy) y operaciones en seguridad (SOC) de AGESIC frente a incidentes de ciberseguridad. Un incidente consiste un comportamiento inusual en un sitio web. Por ejemplo, una denegación de servicio (los usuarios no pueden acceder al sitio) o alteración del contenido del sitio web y operaciones no autorizadas a la base de datos del sitio.

Ante un incidente analistas del CERTuy piden al sector TI del ente afectado un conjunto de logs correspondientes a un mes. Seguidamente los analistas filtran los datos para identificar líneas anómalas que indican el momento en el que el atacante accedió al sitio en base a la fecha del incidente.

Considerando el diagrama basado en el trabajo de Skoudis [1] en la figura I, los analistas ya conocen el incidente una vez ocurrido. Son capaces de identificar el atacante en la etapa 5 (Alterar sitio) por los efectos producidos en un sitio web, pero les lleva más tiempo identificar el atacante en la etapa 2 y 3 (Escanear y obtener acceso). En otras palabras, los analistas están interesados en detectar más rápidamente ataques ocultos y persistentes en el tiempo. Estos ataques se llaman en la literatura como Advanced Persistent Threats (APT).



Figura I.- Etapas de un ataque según Skoudis (adaptación)

Los APT son costosos de detectar con antelación debido a que el comportamiento de los atacantes es similar al de usuarios normales. Significa que los registros de actividad, llamados logs, de usuarios normales y atacantes no son inmediatamente distinguibles entre sí. Las

características del comportamiento de atacantes detectados hasta la fecha actual son variables y no siguen un patrón definido y acotado, sino que ellos durante meses recorren las páginas de los sitios web como usuarios normales, identificando los componentes gráficos y textuales del sitio web e intentan aprovechar vulnerabilidades de modo extendido en el tiempo. Por ejemplo, cierto día intentan ingresar instrucciones a través de un imagen y tres meses después usando otra dirección IP intentan una inyección SQL.

En resumen, ambos institutos requieren de un sistema que detecte los atacantes en las etapas de escaneo y obtención de acceso, con el fin de evitar con antelación que alteren los portales gubernamentales.

3. Objetivo.- Para resolver el problema planteado ambas instituciones solicitaron:

1. Investigar y brindar una solución automatizada que detecte los logs CLF que indican comportamiento anómalo. Además, la herramienta debe poder ser utilizable a logs CLF de cualquier sitio web.
2. Integrar la solución de 1 al sistema de gestión de eventos del SOC para afinar la precisión del sistema nivel web.

El requisito 1 se midió considerando la duración de filtrado de la solución, respecto el filtrado realizado manualmente por analistas, así como el porcentaje de líneas que indican comportamiento anómalo.

4. Antecedentes.- A la fecha del inicio del proyecto no se encontraron publicaciones para el filtrado y clasificación de registros de logs de servidores web en formato CLF, aunque si se han encontrado investigaciones para otros tipos de datos, por ejemplo, el cabezal HTTP, logs conexión TCP/UDP, o registros syslog.

A continuación, se mencionan publicaciones estudiadas para resolver problemas similares. Estas investigaciones aplican la misma metodología de resolución. Los logs se normalizan a un formato estándar y luego se convierten a vectores numéricos y a través de un modelo predictivo se clasifican los logs. En el caso del proyecto se probaron de modo experimental métodos de codificación para datos aproximados a los de CLF. Este paso previo de codificación es necesario porque los logs CLF contienen texto y caracteres no numéricos, y los algoritmos de aprendizaje automático requieren datos numéricos reales.

En la publicación de Zhang et al. [2] se intentó resolver un problema similar para detectar incidentes de ciberseguridad, en sitios web del Estado chino, estudiando el análisis del tráfico HTTP. Al igual que en este proyecto, Bertero et al. [3] buscó mejorar la rapidez de clasificación de logs. Sugirieron que el análisis manual de anomalías dura un tiempo excesivo. Para resolverlo propusieron técnicas de aprendizaje automático.

Tuor et al. [4] se basó en la detección de actividad anormal en logs de una aplicación con múltiples usuarios. De modo parecido a este proyecto, para clasificar adecuadamente el comportamiento de los usuarios, las líneas de actividad de cada usuario se convirtieron a un vector numérico. Por otra parte, Ming et al. [5] implementó un método de detección de ofensas a servidores web y Liu et al. [6] investigó detección de anomalías en aplicaciones compartidas de la Universidad Xi'an Jiaotong (China). Los datos utilizados fueron logs sintéticos.

5. Metodología de desarrollo de solución.- La solución propuesta es un clasificador de logs. Para obtener la solución especificada en la sección 3. se definieron tres etapas:

- I. Implementación de un clasificador prototipo a medida.
- II. Obtener un clasificador definitivo a partir de las correcciones del prototipo por parte de los analistas.
- III. Integrar el clasificador al sistema de gestión de eventos de ciberseguridad usado por el SOC.

6. Solución implementada.- Con el objetivo de integrar el clasificador al sistema de gestión de eventos de ciberseguridad del SOC y debido a que se esperaban variaciones en especificaciones de la solución, además de que se valoraba que fuera una solución completamente controlable y confiable, se decidió desarrollar la solución desde cero. En la figura II se muestran los componentes y usuarios de la solución:

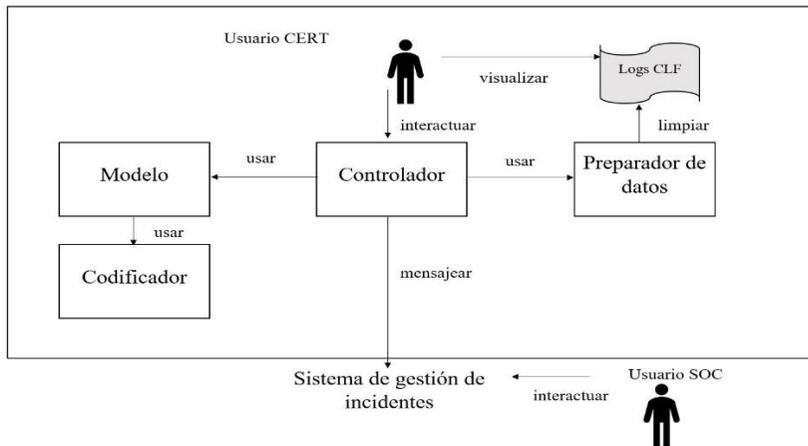


Figura II.- Diagrama de componentes y usuarios de la solución

7. Resultados.- Según lo mencionado en la sección 3, se establecen los umbrales para determinar la mejora en el proceso de respuesta por un analista experto. El clasificador logró los umbrales especificados y los superó. En la figura III se muestran los resultados.

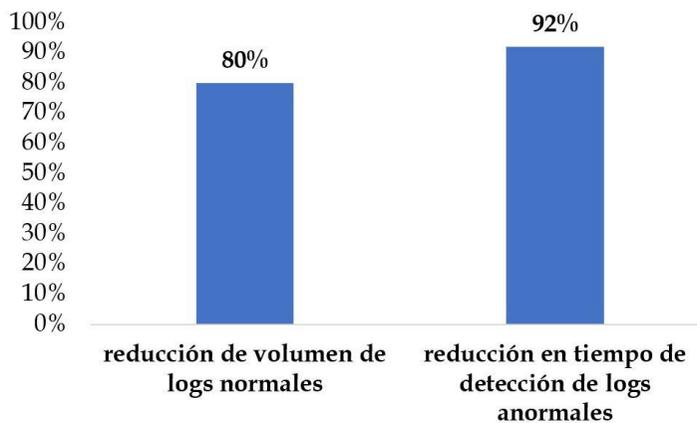


Figura III.- Resultados finales

7.1. Reducción de volumen de logs normales.- Debido a que se conoce la cantidad de falsos positivos, falsos negativos, verdaderos positivos y verdaderos negativos (los valores de la matriz de confusión) es factible medir de modo preciso esta métrica. En las pruebas el clasificador se ejecutó con 152 trazas, incluyendo ejemplos provistos por analistas del CERTuy. Para esa prueba se obtuvo un recall de 82%. Dada la matriz de confusión, 122 se clasificaron como verdaderas negativas (trazas clasificadas como normales que efectivamente contenían actividad usual). Así, se redujo 80% el volumen de logs normales respecto el total de datos de prueba. Se debe considerar que estos resultados aplican al conjunto de pruebas realizadas para los datos disponibles a la fecha de realizar la prueba. Para mantener estos resultados en el tiempo se debe reentrenar el modelo periódicamente.

7.2. Reducción en tiempo de detección de logs normales.- Este indicador se midió según la cantidad de horas requeridas para encontrar un volumen de 1 gigabyte de logs anormales. Según el criterio de los analistas se tardan 48 horas en detectar un conjunto de logs anormales de 7GB. Dado que el volumen de los logs CLF es de 28% respecto el total de datos registrados, contando otros formatos de datos, se asume que detectar 1,96GB de logs anormales CLF se tardan 13 horas. Por tanto, un analista tardaría 6,8 horas por gigabyte. El clasificador clasificó 450 MB en 15 minutos, por lo que tarda 0,56 horas (aproximadamente 30 minutos) en clasificar 1 gigabyte. Respecto la detección por un analista esto es una mejora del 92%. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta prueba no es extrapolable a volúmenes mayores de datos. En el caso de considerar un volumen mayor de datos, se debería realizar las pruebas adicionales pertinentes y en caso de ser necesario incorporar al clasificador herramientas para asegurar la escalabilidad.

8. Conclusiones.- El proyecto fue pionero, en el sector de ciberseguridad de AGESIC, en cuanto que se implementaron métodos y algoritmos de aprendizaje automático. Este trabajo fue un proyecto piloto para futuros proyectos que profundicen estas tecnologías. Los resultados obtenidos establecen una línea base que permita validar y medir el rendimiento y calidad de proyectos adicionales.

Para futuro quedan pendiente tareas de mantenimiento de la solución. Por ejemplo, establecer un equipo de trabajo encargado supervisar el entrenamiento periódico del modelo predictivo requerido. Adicionalmente se pueden investigar métodos más innovadores, tal como aquellos basados en aprendizaje no supervisado. En definitiva, existe potencial para extender y desarrollar lo introducido en este proyecto.

9. Referencias

- [1] E. Skoudis and T. Liston, *Counter hack reloaded: a step-by-step guide to computer attacks and effective defenses*. Stoughton, Massachusetts, EEUU: Prentice Hall Press, 2005.
- [2] S. Zhang, B. Li, J. Li, M. Zhang and Y. Chen, "A novel anomaly detection approach for mitigating web-based attacks against clouds," in *IEEE 2nd International Conference on Cyber Security and Cloud Computing*, New York, 2015, pp. 289-2942. [Online], Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7371496&isnumber=7371418>
- [3] C. Bertero, M. Roy, C. Sauvanud, and G. Trédan, "Experience report: log mining using natural language processing and application to anomaly detection," in *28th International Symposium on Software Reliability Engineering*, Toulouse, 2017. [Online], Available: <https://hal.laas.fr/hal-01576291/document>
- [4] A. Tuor, S. Kaplan, B. Hutchinson, N. Nichols, and S. Robinson, Deep learning for unsupervised insider threat detection in structured cybersecurity data streams. Ithaca, Nueva York: Universidad de Cornell, 2017. [Online], Available: <https://arxiv.org/abs/1710.00811>
- [5] Z. Ming, X. Boyi, B. Shuai, L. Shuaibing, L. Zhechao, L. Derong, X. Shengli, L. Yuanqing, and Z. Dongbin, "A deep learning method to detect web attacks using a specially designed CNN", *Neural Information Processing, International Conference on Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 10638, pp. 828-836, 2017.
- [6] Z. Liu, T. Qin, X. Guan, H. Jiang and C. Wang, "An integrated method for anomaly detection from massive system logs," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 30602-30611, 2018.