

**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Sistema de programación automática de horarios basado en algoritmos genéticos para la optimización de recursos académicos y creación de clases mensuales en un centro de idiomas

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas

**AUTOR(ES)**

Durand Vidal, Neisy (0000-0003-4723-2098)

Bazán Oré, Héctor Enrique (0000-0002-8395-6563)

**ASESOR(ES)**

Huarcaya Junes, Alejandrina Nelly (0000-0002-2520-6545)

Murga Fernández, Raúl Jorge (0000-0002-8416-2511)

**Lima, 06 de abril del 2020**

tabla de contenidos

[1 fundamentos teóricos 3](#_Toc38230814)

[**1.1** **Marco Teórico** 3](#_Toc38230815)

[**1.1.1** **Fundamentos teóricos sobre el negocio** 3](#_Toc38230816)

[**1.1.2** **Fundamentos teóricos sobre las tendencias y tecnologías actuales** 5](#_Toc38230817)

[**1.2** **Objeto de estudio** 13](#_Toc38230818)

[**1.2.1** **Organización objetivo** 13](#_Toc38230819)

[**1.2.2** **Misión** 14](#_Toc38230820)

[**1.2.3** **Visión** 14](#_Toc38230821)

[**1.2.4** **Objetivos estratégicos** 14](#_Toc38230822)

[**1.2.5** **Organigrama** 15](#_Toc38230823)

[**1.2.6** **Mapa de procesos** 16](#_Toc38230824)

[**1.3** **Campo de acción** 16](#_Toc38230825)

[**1.3.1** **Procesos del negocio** 18](#_Toc38230826)

[**1.3.2** **Situación problemática** 24](#_Toc38230827)

[**1.3.3** **Problemas a resolver** 28](#_Toc38230828)

[2 Propuesta de solución 29](#_Toc38230829)

[**2.1** **Objetivos del proyecto** 29](#_Toc38230830)

[**2.1.1** **Objetivo general** 29](#_Toc38230831)

[**2.1.2** **Objetivos específicos** 29](#_Toc38230832)

[**2.1.3** **Fundamentación de los objetivos** 29](#_Toc38230833)

[**2.1.4** **Indicadores de logro de los objetivos** 31](#_Toc38230834)

[**2.2** **Antecedentes** 32](#_Toc38230835)

[**2.2.1** **Soluciones encontradas** 32](#_Toc38230836)

[**2.2.2** **Análisis comparativo** 34](#_Toc38230837)

[**2.2.3** **Evaluación de la mejor solución** 35](#_Toc38230838)

[**2.3** **Diseño preliminar de la solución** 37](#_Toc38230839)

[**2.3.1** **Arquitectura de la solución** 37](#_Toc38230840)

[**2.3.2** **Hardware** 39](#_Toc38230841)

[**2.3.3** **Software** 39](#_Toc38230842)

[**2.3.4** **Factibilidad económica** 40](#_Toc38230843)

[**2.3.5** **Factibilidad técnica** 43](#_Toc38230844)

[3 Modelación del negocio 44](#_Toc38230845)

[**3.1** **Reglas del negocio** 44](#_Toc38230846)

[**3.2** **Modelos de casos de uso del negocio** 44](#_Toc38230847)

[**3.2.1** **Actores del negocio** 44](#_Toc38230848)

[**3.2.2** **Casos de uso del negocio** 44](#_Toc38230849)

[**3.2.3** **Diagrama de casos de uso del negocio** 45](#_Toc38230850)

[4 REFERENCIAS 46](#_Toc38230851)

# fundamentos teóricos

## **Marco Teórico**

Las instituciones de educación tienen una gran concurrencia de docentes y estudiantes que comparten la actividad de aprendizaje, de tal manera que la coordinación de la actividad exige un gran esfuerzo para permitir converger docentes y estudiantes en un mismo ambiente materializado en los horarios de clase. Seguir la coordinación de acciones académicas, curriculares y extracurriculares, de estudiantes, docentes, cursos, tiempos, infraestructura (sedes, aulas, auditorio, entre otros) es un problema de optimización de complejidad computacional (de manera informal).

### **Fundamentos teóricos sobre el negocio**

#### **Programación de horarios**

En todo organización, determinar la cantidad de personal y los horarios en que estos laboran, es un tema que ha cobrado gran importancia para investigar. Se ha identificado que la escasez de empleados puede entenderse que no se realicen los servicios o se haga con baja calidad. Por otro lado, tener una alta cantidad de empleados en una empresa puede disminuir la fluidez con la que se trabaja y representar un costo elevado que repercutirá en las utilidades de la empresa. Una eficiente programación de horarios puede traer beneficios a la organización asegurando la disponibilidad adecuada de trabajadores, en el lugar y momento correcto, con un menor costo, para ofrecer el servicio correcto y cumplir con sus metas de producción o servicio.

Una variedad de estudios informa que el problema de asignación de personal a horarios de trabajo tiene diferentes nomenclaturas dependiendo de las particularidades del problema. De acuerdo con (Carrasco, 2007), la calendarización de horarios se refiere a la actividad de obtener el número correcto de trabajadores que puedan cubrir los diferentes horarios en una empresa para satisfacer la demanda del personal, elevando la productividad y reduciendo los costos.

Otro término muy usado es timetabling y scheduling. Por su parte el autor (Wren, 1995), describió la programación de horarios (timetabling) como “el problema de asignar ciertos recursos a un número limitado de bloques horarios y lugares, sujeto a diversas restricciones, con la intención de satisfacer un conjunto de objetivos en el mayor grado posible”. En su mismo trabajo, el término scheduling se define como “la minimización de costos totales obtenidos de la suma de recursos utilizados, sujeto a restricciones”. La diferencia radica en que el timetabling se enfoca a la programación de horarios directamente relacionada con recursos; mientras que scheduling a la reducción de costos mediante una programación de horarios eficiente.

La programación de horarios es considerada un problema NP-completo (se puede convertir en otro problema), ya que se hace imposible intentar obtener la mejor solución mediante el descubrimiento de todas las posibles soluciones para los casos en que el tamaño del problema exceda una cierta dimensión, normalmente bastante limitada. (Bustos, 2014)

#### **Proceso de Horarios en Instituciones**

La programación de horarios en las Instituciones Educativas es un reto periódico al que se enfrentan al inicio de cada ciclo escolar, periodo de exámenes y eventos especiales. En particular, en el nivel medio superior y superior, la programación de horarios de asignaturas cada periodo depende, entre otros factores, del currículo a impartir por plan de estudio, es decir, de proponer una disponibilidad de cierto perfil del docente en cierta franja horaria, asignado a aulas con características específicas. El problema de la programación de horarios de asignaturas es referido como calendarización de horarios.

De la definición de (Wren, 1995), el proceso de calendarización de horarios en Instituciones Educativas tiene por objeto asignar ciertos recursos (cursos o asignaturas) a un número limitado de grupos horarios y aulas disponibles, con la idea de satisfacer un grupo particular de restricciones en el mayor grado posible. Las restricciones se clasifican en dos tipos: obligatorias y deseables. Las restricciones obligatorias pueden ser temporales (bloques horarios de descanso o exámenes) o especiales (aulas destinadas a actividades especiales como laboratorios) que deben cumplirse ya que la violación de alguna origina un horario no válido. Por otro lado, las restricciones deseables denotan preferencias del usuario o institución. Las restricciones son políticas flexibles, ya que consisten en un conjunto finito de variables, cada una de las cuales posee un dominio de valores, permitiendo que el tomador de decisiones elija que restricciones acotaran recursos y cuales satisfacen determinado problema. (Aragu, 2014)

El proceso de calendarización de horarios en Instituciones Educativas es particular para cada institución debido a las distintas reglas operacionales que se manejan. En consecuencia, no existe un modelo que pueda cubrir todos los requerimientos de alguna institución, por lo tanto, el obligatorio diseñar un modelo que pueda satisfacer las necesidades de la institución analizada. (Sanchez, 2014)

### **Fundamentos teóricos sobre las tendencias y tecnologías actuales**

#### **Cloud Computing**

##### **Definición**

Los autores (Mell, 2011) del Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos, NIST por sus siglas en inglés, (National Institute of Standards and Technology - NIST) definió la computación en la nube como:

Un modelo para habilitar un cómodo acceso en red omnipresente, a solicitud, a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, recursos de almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se puede conformar y proveer rápidamente con un esfuerzo administrativo mínimo o una interacción mínima con el proveedor de servicios.

Como se evidencia en la cita anterior, el NIST indica que cloud computing es un paquete de servicios que se ofrece mediante la conectividad a internet, tan simple como poder adquirir una suscripción de los servicios conocidos como Netflix, Spotify entre otros, pero con grandes beneficios. En pocas palabras las pequeñas y medianas empresas podrán dominar la capacidad de tecnología avanzada de manera escalable.

##### **Características**

Según los autores (Mell, 2011) el modelo de Cloud tiene las siguientes características:

* **Autoservicio bajo demanda:** Un consumidor puede proporcionar unilateralmente capacidades de computación, tales como tiempo de servidor y almacenamiento en red, según sea necesario de manera automática sin necesidad de interacción humana con cada proveedor de servicios.
* **Acceso amplio a la red:** Las capacidades están disponibles a través de la red y se accede a ellas mediante mecanismos estándar que promueven el uso de plataformas heterogéneas de clientes finos o gruesos (por ejemplo, teléfonos móviles, tabletas, ordenadores portátiles y estaciones de trabajo).
* **Agrupación de recursos:** Los recursos informáticos del proveedor se unen para servir a múltiples consumidores usando un modelo multi-inquilino, con diferentes recursos físicos y virtuales dinámicamente asignado y reasignado según la demanda de los consumidores. Hay un sentido de ubicación independencia en el sentido de que el cliente generalmente no tiene control o conocimiento sobre la exacta de los recursos proporcionados, pero puede ser capaz de especificar la ubicación a un nivel más alto de abstracción (por ejemplo, país, estado o centro de datos). Entre los ejemplos de recursos se incluye el almacenamiento, procesamiento, memoria y ancho de banda de la red.
* **Elasticidad rápido:** Las capacidades se pueden aprovisionar elásticamente y liberar, en algunos casos automáticamente, para escalar rápidamente hacia afuera y hacia adentro en función de la demanda. Para el consumidor, las capacidades disponibles para el aprovisionamiento a menudo parecen ser ilimitadas y pueden ser apropiadas en cualquier cantidad y en cualquier momento.
* **Servicio medido:** Los sistemas de nubes controlan y optimizan automáticamente el uso de los recursos aprovechando una capacidad de medición1 a un cierto nivel de abstracción apropiado para el tipo de servicio (por ejemplo, almacenamiento, procesamiento, ancho de banda y cuentas de usuario activas). El uso de los recursos puede ser monitoreado, controlado y reportado, proporcionando transparencia tanto para el proveedor como para el consumidor del servicio utilizado.

##### **Modelos de Servicios**

Según los autores (Mell, 2011) el modelo de Cloud tiene los siguientes modelos de servicios:

* **Software como Servicio (SaaS):** La capacidad que se le da al consumidor es utilizar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura de nube. Las aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos clientes a través de una interfaz de cliente delgado, como un navegador web (por ejemplo, correo electrónico basado en la web), o una interfaz de programa. El consumidor no administra ni controla la infraestructura subyacente de la nube, incluida la red, los servidores, los sistemas operativos, el almacenamiento o incluso las capacidades de las aplicaciones individuales, con la posible excepción de los ajustes de configuración de las aplicaciones específicas del usuario.
* **Plataforma como Servicio (PaaS):** La capacidad que se proporciona al consumidor es desplegar en la infraestructura de la nube aplicaciones creadas o adquiridas por el consumidor y creadas con lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas apoyadas por el proveedor. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente, incluidos la red, los servidores, los sistemas operativos o el almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones desplegadas y posiblemente sobre los parámetros de configuración del entorno de alojamiento de aplicaciones.
* **Infraestructura como Servicio (IaaS):** La capacidad que se proporciona al consumidor es la de proporcionar procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales en los que el consumidor puede desplegar y ejecutar programas informáticos arbitrarios, que pueden incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nubes subyacente, pero tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones desplegadas; y posiblemente un control limitado de determinados componentes de la red (por ejemplo, los cortafuegos del host).

##### **Modelos de Despliegue**

Según los autores (Mell, 2011) el modelo de Cloud tiene los siguientes modelos de despliegue:

* **Nube privada:** La infraestructura de la nube se suministra para uso exclusivo de una sola organización que comprende múltiples consumidores (por ejemplo, unidades de negocios). Puede ser propiedad de la organización, de un tercero o de una combinación de ellos, y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.
* **Nube comunitaria:** La infraestructura de la nube se suministra para uso exclusivo de una comunidad específica de consumidores de organizaciones que tienen preocupaciones comunes (por ejemplo, la misión, los requisitos de seguridad, la política y las consideraciones de cumplimiento). Puede ser propiedad de una o más organizaciones de la comunidad, un tercero o una combinación de ellas, y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.
* **Nube pública:** La infraestructura de la nube está preparada para su uso abierto por el público en general. Puede ser propiedad de, administrada y operada por una organización empresarial, académica o gubernamental, o alguna combinación de ellas. Existe en las instalaciones del proveedor de la nube.
* **Nube hibrida:** La infraestructura de la nube es una composición de dos o más infraestructuras de nubes distintas (privadas, comunitarias o públicas) que siguen siendo entidades únicas, pero que están unidas entre sí por una tecnología normalizada o patentada que permite la portabilidad de los datos y las aplicaciones (por ejemplo, la explosión de la nube para el equilibrio de la carga entre las nubes).

#### **Machine Learning**

Machine Learning, es una rama de la inteligencia artificial que tiene como objetivo permitir que las máquinas realicen sus trabajos hábilmente mediante el uso de software inteligente. Los métodos estadísticos de aprendizaje constituyen la columna vertebral del software inteligente que se utiliza para desarrollar inteligencia artificial. Debido a que los algoritmos de aprendizaje automático requieren datos para aprender, la disciplina debe tener conexión con la disciplina de la base de datos. Según el libro de (Hurwitz, 2018) afirma que, El aprendizaje automático se ha convertido en uno de los problemas más importantes dentro de las organizaciones de desarrollo que buscan formas innovadoras de aprovechar los activos de datos para ayudar a la empresa a obtener un nuevo nivel de comprensión. Por ende “con los modelos de aprendizaje automático adecuados, las organizaciones tienen la capacidad de predecir continuamente los cambios en el negocio para que puedan predecir mejor lo que viene después.

##### **Aprendizaje Supervisado**

Según el autor (Hurwitz, 2018) describe, El aprendizaje supervisado generalmente comienza con un conjunto de datos establecidos y una cierta comprensión de cómo se clasifican esos datos. El aprendizaje supervisado está destinado a encontrar patrones en los datos que se pueden aplicar a un proceso de análisis. Esta información tiene características etiquetadas que definen el significado de los datos. Los algoritmos se entrenan utilizando ejemplos pre procesados, y en este punto, el rendimiento de los algoritmos se evalúa con datos de prueba. Ocasionalmente, los patrones que se identifican en un subconjunto de los datos no se pueden detectar en la gran cantidad de datos. Si el modelo es adecuado para representar solo los patrones que existen en el subconjunto de capacitación, se crea un problema llamado sobreajuste. El ajuste excesivo significa que su modelo está afinado con precisión para sus datos de entrenamiento, pero puede no ser aplicable para grandes conjuntos de datos desconocidos.

##### **Aprendizaje no Supervisado**

El aprendizaje no supervisado se adecua mejor cuando el problema requiere una gran cantidad de datos que no están etiquetados, podemos apreciar que las aplicaciones de redes sociales, como Twitter, Instagram, etc. tienen grandes cantidades de datos sin etiqueta. Comprender el significado de estos datos requiere algoritmos que puedan comenzar a comprender el significado en función de poder clasificar los datos en función de los patrones o clústeres que encuentre. Por lo tanto, el aprendizaje supervisado lleva a cabo un proceso iterativo de análisis de datos sin intervención humana. (Hurwitz, 2018)

##### **Aprendizaje Reforzado**

El aprendizaje de refuerzo es un modelo de aprendizaje conductual. El algoritmo recibe comentarios del análisis de los datos para guiar al usuario hacia el mejor resultado. El aprendizaje de refuerzo difiere de otros tipos de aprendizaje supervisado porque el sistema no está entrenado con el conjunto de datos de muestra. Más bien, el sistema aprende a través de prueba y error. Por lo tanto, una secuencia de decisiones exitosas dará como resultado que el proceso se refuerce porque resuelve mejor el problema en cuestión. (Hurwitz, 2018)

##### **Aprendizaje Profundo**

El aprendizaje profundo es un método de aprendizaje automático que incorpora las redes neuronales en capas sucesivas con el fin de aprender de los datos de forma iterativa. El aprendizaje profundo es especialmente útil cuando intenta aprender patrones a partir de datos no estructurados. (Hurwitz, 2018)

#### **Algoritmo Genético**

##### **Definición**

Los algoritmos genéticos combinan las nociones de supervivencia del más apto con un intercambio estructurado y aleatorio de características entre individuos de una población de posibles soluciones, conformando un algoritmo de búsqueda que puede aplicarse para resolver problemas de optimización en diversos campos.

Imitando la mecánica de la evolución biológica en la naturaleza, los algoritmos genéticos trabajan sobre una población compuesta de posibles soluciones al problema. Cada elemento de la población se denomina “cromosoma”. Un cromosoma es el representante, dentro del algoritmo genético, de una posible solución al problema. La forma en que los cromosomas codifican a la solución se denomina “Representación”.

El algoritmo genético va creando nuevas “generaciones” de esta población, cuyos individuos son cada vez mejores soluciones al problema. La creación de una nueva generación de individuos se produce aplicando a la generación anterior operadores genéticos, adaptados de la genética natural. (Holland, 1975)

##### **Operadores Genéticos**

En los algoritmos genéticos su proceso de optimización se basa en la evolución natural de los organismos al igual que la naturaleza. Según el autor (Ponce, 2010) los operadores básicos son los siguientes:

###### **Selección**

El operador de selección es también llamado algoritmo de selección, el principal propósito de este operador es seleccionar cromosomas padres de una población para juntarlos uno con otro con el fin de crear hijos, lo cuales son evaluados e incluidos en la nueva población (Civelek, 2016). La selección de los padres se realiza tomando de referencia la aptitud de cada individuo frente a la función de aptitud, los individuos que obtienen valores altos de aptitud son seleccionados. Se han desarrollado diversos tipos de algoritmos de selección, con el fin de obtener poblaciones con alta diversidad e individuos mejor seleccionados, entre los tipos de algoritmos de selección más usados podemos encontrar la selección proporcional, selección por rango lineal y selección por competencia (Dozier, 2001).

###### **Cruzamiento**

El proceso de cruzamiento consiste en combinar partes de la cadena de dos cromosomas padres, esto se realiza con la finalidad que los nuevos cromosomas contengan partes “buenas” de los cromosomas padres, y por ende, los nuevos cromosomas tendrán un valor de aptitud más alto. La elección de los padres para la realización del cruzamiento se hace de forma aleatoria. Existen muchos métodos para el cruzamiento de dos padres, los más comunes son: Cruzamiento de un punto de corte y Cruzamiento de dos puntos de corte.

###### **Mutación**

El operador de mutación se basa en el cambio aleatorio de un bit en la cadena de un determinado cromosoma. Este tipo de operador tiene como función básica permitir que la población obtenga una alta diversidad, sin embargo, la probabilidad de que ocurra debe ser baja, para evitar que los individuos de la población pierdan el patrón que los dirige hacia el individuo óptimo (Cox, 2005).

##### **Función Aptitud**

La función de aptitud es la función que devuelve un valor que denota que tan buena es la solución del individuo evaluado para el problema en cuestión. En un problema de optimización, la función de aptitud corresponde a la función objetivo que debe ser optimizada. Los Algoritmos Genéticos emplean esta medición de aptitud para controlar a que individuos se les aplicará los operadores genéticos, es decir, permitirá controlar el número de selecciones, cruces, copias y mutaciones llevadas a cabo a la población. Según el autor (Koza, 1992) se pueden diferenciar cuatro formas de computar la función de aptitud, los cuales se enlistan a continuación.

* Función de aptitud pura: Es la medida de ajuste establecida en la terminología natural del propio problema. La siguiente fórmula corresponde a este tipo de función de aptitud.
* Función de aptitud estandarizada: Se muestra como alternativa solucionar la dualidad en problemas de minimización y maximización.
* Función de aptitud ajustada: Se realiza una transformación a la función de aptitud estandarizada, de tal forma que la función de aptitud tomará valores entre 0 y 1. En el caso de maximización el valor de aptitud óptimo será el que se acerque más a 0 y en el caso de minimización se acercará más a 1.
* Función de aptitud normalizada: La función de aptitud normalizada introduce el valor de aptitud de una solución con respecto al resto de soluciones representadas en la población.

#### **Infraestructura Tecnológica**

Mediante una investigación desarrollada sobre la Infraestructura tecnológica y apropiación de las TIC el autor (Torres, 2010) define “La infraestructura tecnológica comprende los siguientes componentes: hardware, conectividad, soporte técnico, gastos y recursos digitales, que a la vez incluyen dos subcomponentes: software y recursos web”.

La infraestructura debe poseer altos niveles de seguridad por la delicadeza de la información que maneja. En síntesis, una infraestructura tecnológica está compuesta por una parte de software y una parte de hardware, que en conjunto hacen posible una infraestructura tecnológica robusta y confiable.

En la actualidad este tipo de infraestructura nos permite trabajar con una enorme cantidad de datos alojados en la nube con una gran seguridad y fácil manera de acceder. También permite a los usuarios comunicarse a través de teléfonos inteligentes, laptops y tablets para gestionar datos personales y de negocios.

Respecto a los fundamentos teóricos sobre el negocio, el autor (Wren, 1995) definió que la programación de horarios es el problema en la asignación de recursos a un determinado grupo de horarios y lugares, que están sujeto a restricciones, con la idea de satisfacer un conjunto de objetivos. Del mismo modo, definió que la programación de horarios en instituciones educativas tiene por objetivos asignar recursos a un grupo de horarios y aulas disponibles, respetando las restricciones, que consisten en un grupo finito de variables. Para el caso de estudio, el instituto Británico cuenta con una gran cantidad de combinaciones y restricciones las cuales deben de respetarse. En consecuencia, se debería diseñar un modelo que pueda satisfacer las necesidades de la institución analizada.

Respecto a los fundamentos teóricos sobre las tendencias y tecnologías actuales, el autor (Holland, 1975) indica que los algoritmos genéticos imitan la mecánica de la evolución biológica en la naturaleza, donde el que sobrevive en condiciones más hostiles, es el que está mejor adaptado al medio y por ende el más evolucionado. Si aplicamos este concepto para resolver el problema de programación de horarios, se podría determinar dentro de una conjunto de clases con sus recursos ya asignados, aquella programación evolucionada que mejor se adapte a las restricciones y condiciones dadas. Por tal motivo, aplicar un algoritmo de genética podría ser la solución para BRITÁNICO.

Por otro lado el autor (Hurwitz, 2018) indica que Machine Learning es importante en las organizaciones de desarrollo porque brinda la capacidad de predecir los cambios en el negocio, con esto se puede tomar las mejores acciones frente a los distintos cambios. Podría ayudar en el transcurso del proyecto para identificar posibles cambios y poder tomar las mejores acciones al respecto. También, el autor (Mell, 2011) indica que Cloud Computing comparte recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, entre otros) en todo el mundo y que son rápido de proveer con un mínimo de esfuerzo. Si utilizamos este tipo de servicios durante el desarrollo del sistema, tendremos un fácil acceso a los potentes recursos informáticos y de gran escalabilidad, que de requerir mayor capacidad lo tendremos de manera rápida y segura. Por tal motivo, utilizar Cloud Computing podría ser un gran servicio en el desarrollo de la solución. Por último, el autor (Mell, 2011) indica que la Infraestructura Tecnológica está compuesta por hardware y software, y debe poseer altos niveles de seguridad. Si utilizamos una buena infraestructura tecnológica nos permitirá acceder a datos de la nube de forma segura y fácil. También, permite a los usuarios comunicarse y compartir datos personales y del negocio. Por ese motivo, sería recomendable poder tener una buena infraestructura tecnológica que sea de gran soporte para la solución.

## **Objeto de estudio**

### **Organización objetivo**

La Asociación Cultural Peruano Británica, mejor conocida como BRITÁNICO, se fundó hace más de 80 años y es, en nuestros días, una de las más reconocidas instituciones de enseñanza del idioma inglés en el Perú, además de ser el nexo de comunicación e integración cultural con el Reino Unido y el mundo global del siglo XXI.

BRITÁNICO inició operaciones en el año 1937 en un local que no era propio, en el centro de Lima. El segundo local fue en Miraflores, y se inauguró en 1968, lo que definió el comienzo de su expansión por toda la ciudad de Lima.

En la actualidad, BRITÁNICO cuenta con más de 400 aulas preparadas con la mejor infraestructura y comodidades para el aprendizaje del idioma inglés, encontrándose presente en las ciudades de Lima en los distritos de Camacho, Cercado de Lima, Miraflores, Monterrico, Pueblo Libre, San Borja, San Isidro, San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, San Miguel y Surco; Trujillo en el distrito de La Esperanza; y Arequipa en el distrito de Yanahuara. Esta expansión se debe a la excelencia académica y a la integración hacia un mundo sin barreras culturales que BRITÁNICO desea impartir y que ejerce como filosofía institucional. Es esta filosofía la que ha impulsado a BRITÁNICO a convertirse en un referente nacional en materia de creatividad, cultura y conocimiento.

BRITÁNICO es más que una institución de enseñanza del idioma inglés, ya que explora el arte, creatividad y talento en todas sus formas a través del Teatro Británico de Miraflores y de las muestras de arte regulares en las salas de exposiciones de San Martín de Porres y San Juan de Miraflores.

BRITÁNICO presenta la biblioteca en inglés más surtida e importante del Perú. Además, cumple con una formidable labor social a través de diversos programas como el que se imparte en las escuelas de Fe y Alegría de Lima, Chincha y Trujillo, donde aprenden el abc de la ciencia y tecnología con los módulos del programa “Tarpuy”; en los cientos de jóvenes en riesgo del programa de capacitación laboral “Los Jardineritos”; y en el programa de desarrollo de talento artístico “Danza de la Esperanza”.

### **Misión**

La misión de BRITÁNICO consiste en “promover el intercambio cultural entre el Perú y Gran Bretaña mediante el aprendizaje del idioma inglés y el desarrollo de actividades culturales que priorizan un enfoque británico contemporáneo.”

### **Visión**

La visión de BRITÁNICO está definida como “ser la institución de referencia en el Perú en la promoción de la cultura británica, a través de la oferta de servicios educativos y actividades culturales de excelencia, contribuyendo al desarrollo social.”

### **Objetivos estratégicos**

A continuación, se listan los objetivos estratégicos de BRITÁNICO del 2015 al 2020:

* OE-01: Alcanzar 650 mil matrículas anuales
* OE-02: Alcanzar ingresos superiores a los 150 millones de soles anuales
* OE-03: Mantener una satisfacción mínima de alumnos de 85%
* OE-04: Incrementar la asistencia de alumnos a actividades culturales
* OE-05: Descentralizar las actividades culturales
* OE-06: Lograr un índice de clima laboral promedio de 85%
* OE-07: Incrementar la certificación de los profesores de inglés
* OE-08: Consolidar ERP y Mejorar los procesos internos
* OE-09: Desarrollar un enfoque Británico en las actividades
* OE-10: Obtener un margen (superávit/ingresos) mínimo de 15%
* OE-11: Mantener un ratio de apalancamiento (deuda/capital) de 0%
* OE-12: Asignar 25% del resultado operativo al área cultural

### **Organigrama**

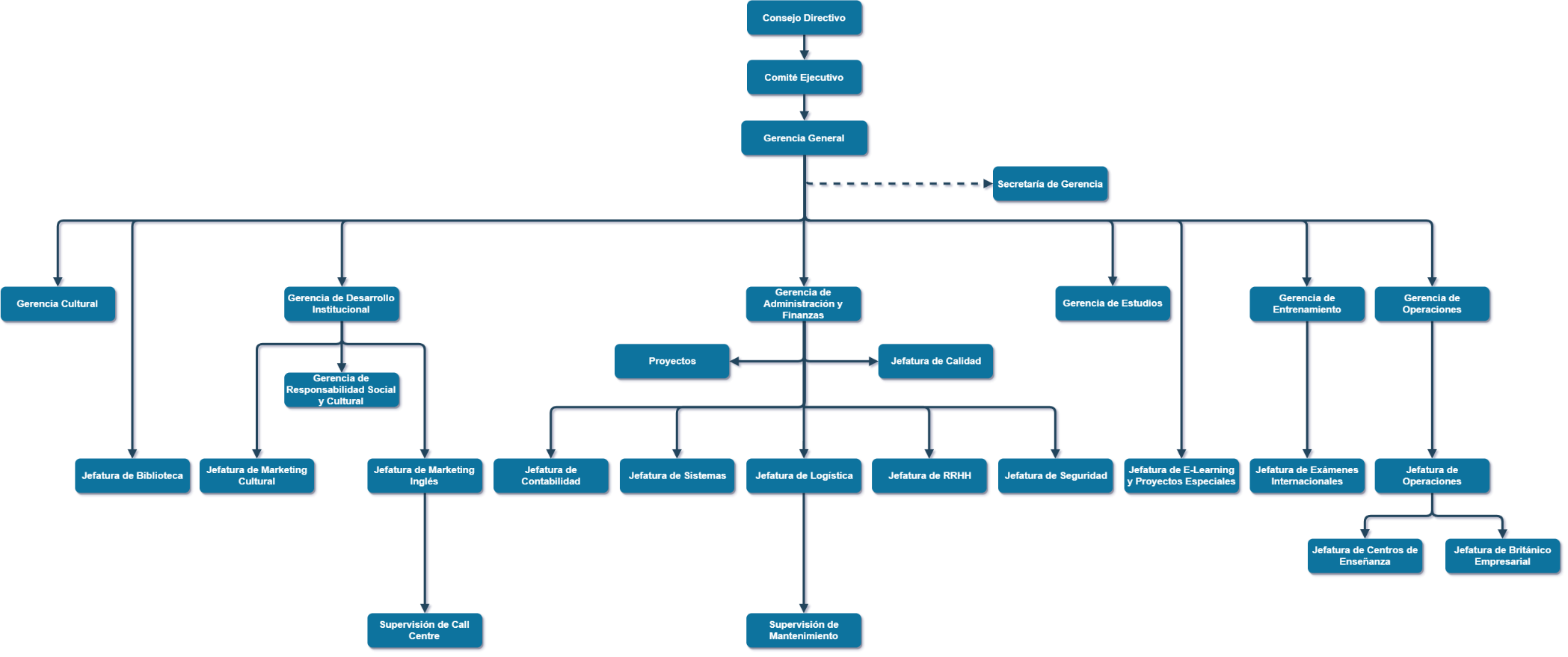


Figura 1. Organigrama de BRITÁNICO. Fuente: Elaboración propia.

En el organigrama el objeto de estudio involucra a la Gerencia de Operaciones, Jefatura de Operaciones y Jefaturas de Centros de Enseñanza y de Británico Empresarial.

### **Mapa de procesos**

BRITÁNICO presenta tres procesos principales que son la Gestión Cultural, Gestión de la Enseñanza y la Gestión de Biblioteca.

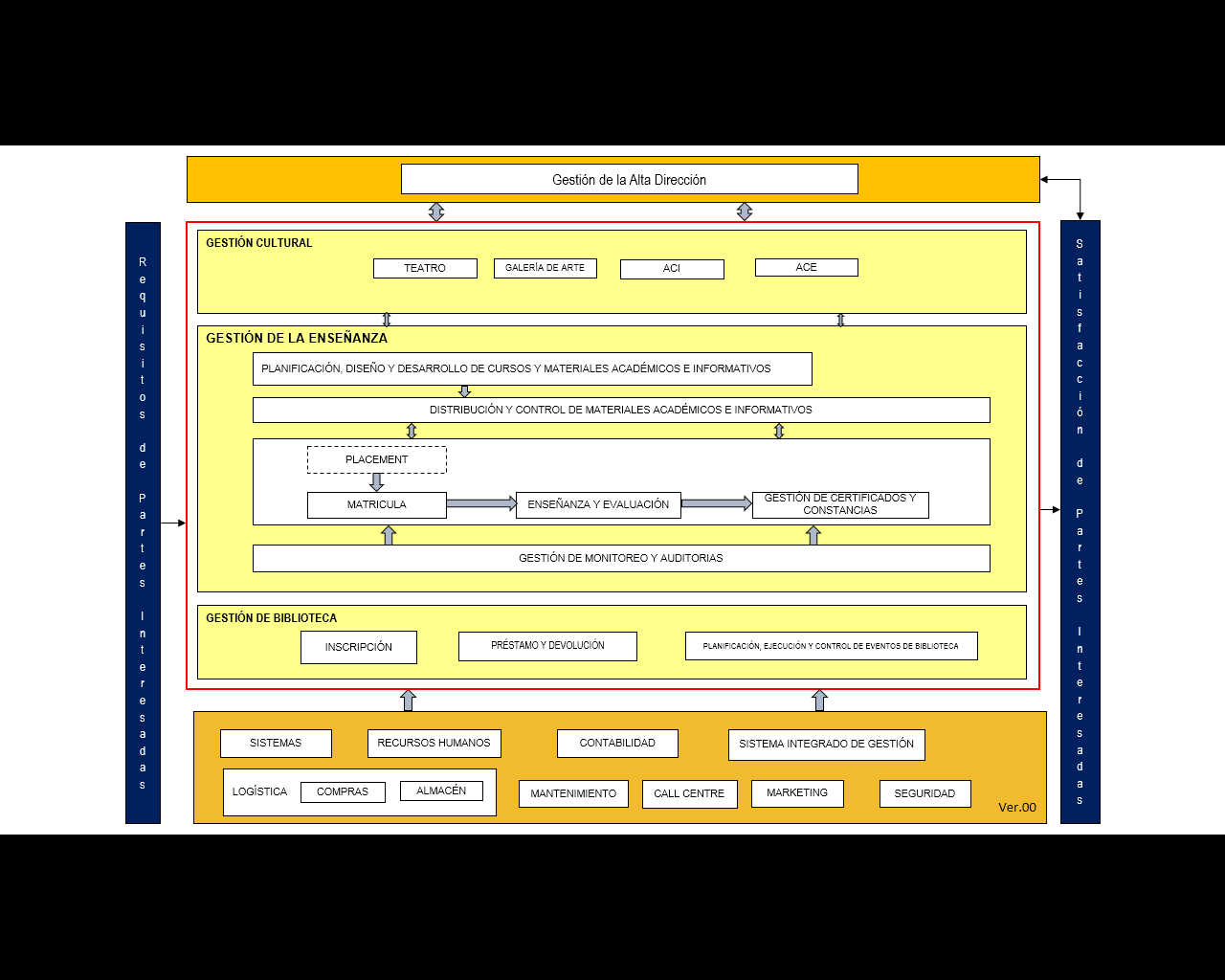


Figura 2. Mapa de procesos de BRITÁNICO. Fuente: BRITÁNICO.

El objeto de estudio se encuentra dentro del proceso de Matrícula, que se desarrolla dentro de la Gestión de la Enseñanza. Este proceso tiene un alcance desde la planificación hasta la realización de la matrícula del alumno y tiene como objetivo garantizar la matrícula de los alumnos de manera correcta y oportuna, siguiendo los lineamientos establecidos con la finalidad de lograr la satisfacción de los clientes.

## **Campo de acción**

El proceso de matrícula presenta 3 subprocesos que son la planificación de la matrícula, la matrícula en sí, los traspasos de derechos de enseñanza y la gestión de devoluciones.

El campo de acción del presente proyecto se ubica dentro del subproceso de planificación de la matrícula, que es donde se realiza la programación de horarios e involucra a la Gerencia de Operaciones, Jefatura de Operaciones, Jefaturas de Centros de Enseñanza, Jefatura de Británico Empresarial y Subjefaturas de Centros de Enseñanza.

Figura 3. Subprocesos de la Matrícula

La programación de horarios incluye las actividades de creación de clases, las cuales se realizan a través de un proceso de copia masiva y creación manual; definición de recursos, donde se definen la cantidad de aulas, los profesores y materiales a utilizar en el periodo; la asignación de recursos donde se asigna a cada clase el aula, profesor y material definido; cancelación y/o anulación de clases que no superaron la cantidad mínima de inscritos; y reasignación y/o sustitución de profesores que no pueden dictar clases según lo definido en la asignación de recursos.

Figura 4. Proceso de la programación de horarios. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

### **Procesos del negocio**

La programación de horarios es un proceso que forma parte de la planificación de la matrícula y es realizada por los jefes y subjefes de cada centro de enseñanza. Dicho proceso inicia en la 2da semana posterior al inicio de clases de centro.

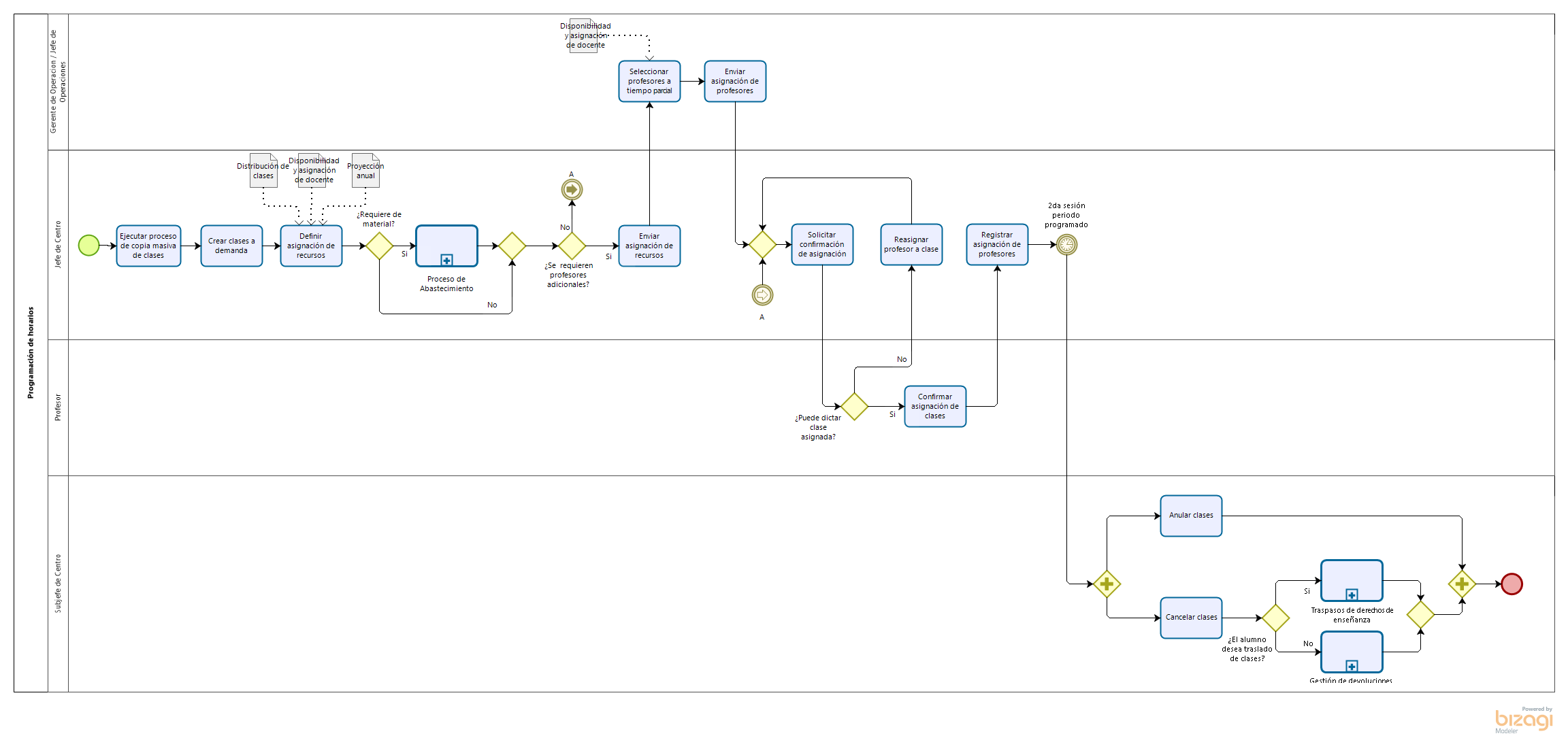


Figura 5. Diagrama de Flujo del Proceso de Programación de Horarios. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

De acuerdo con el cronograma de actividades del periodo enviada por el Gerente de Operaciones, cada jefe de centro de enseñanza realiza la creación de las clases en la tercera sesión de clases que se está cursando y a través del proceso de copia masiva en el sistema Campus, que consiste en la creación de clases continuas del mes anterior. No obstante, si existiera la creación de clases adicionales a las ya registradas, estas son creadas de forma manual en el sistema.

Posteriormente, los jefes de centro de enseñanza realizan la asignación de recursos, para lo cual emiten el reporte de distribución de clases por horas y el reporte de disponibilidad y asignación de docentes en el sistema Hours, que sumados a la proyección anual de matrícula y experiencia del Jefe de Centro, permiten definir la cantidad de aulas, docentes por clase, y materiales.

Durante la asignación de recursos, si el centro de enseñanza necesita algún material adicional como plumones, libros de trabajo, exámenes, etc., el jefe de centro realiza el proceso de abastecimiento.

Cada centro de enseñanza tiene asignado una cantidad de profesores a tiempo completo; sin embargo, si en la asignación de recursos se identifica la necesidad de más profesores, se envía la asignación de recursos a la Gerencia de Operaciones/Jefatura de Operaciones para la selección de profesores a tiempo parcial. Después, dicha asignación es enviada a los jefes de centro.

Luego, los jefes de centro envían la asignación de horarios de clase a cada profesor, la cual deben confirmar, por correo electrónico al propio jefe de centro de enseñanza. Si el profesor no puede dictar la clase en algún horario que el jefe de centro de enseñanza a establecido, se procede a realizar los cambios y/o sustituciones de docentes en el sistema Hours.

Pasada la segunda o tercera sesión de clases, se determinan las clases a cancelar y/o anular. Para ello, los jefes y/o subjefes de centro de enseñanza verifican la cantidad de aulas sin inscripciones para su anulación. Asimismo, verifican la cantidad de alumnos inscritos por clase y si la cantidad de inscritos no supera el mínimo por clase se procede a su cancelación y se realiza, de forma manual, el cambio de clases de los alumnos inscritos en el mismo horario. Si el alumno no desea cambiarse de aula, entonces se procede con la emisión de una nota de crédito y la devolución de dinero correspondiente.

Para la programación de horarios, los Jefes de Centro deben de tener las siguientes consideraciones:

* Frecuencias:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Frecuencia | Abreviatura | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
| Diario | D | X | X | X | X | X |  |
| Interdiario A | A | X |  | X |  | X |  |
| Interdiario B | B |  | X |  | X |  |  |
| Interdiario C | C | X | X |  |  |  |  |
| Sabatino | S |  |  |  |  |  | X |
| Superintensivo | F | X | X | X | X | X |  |

* Frecuencias válidas por cursos:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Curso\Frecuencia | D | A | B | C | S | F |
| Infants | X |  |  |  | X |  |
| Pre-Kids | X |  |  |  | X |  |
| Kids | X | X | X |  | X |  |
| Junior | X | X | X |  | X |  |
| Basic | X | X | X | X | X | X |
| Intermediate | X | X | X | X | X | X |
| Advance | X | X | X | X | X |  |
| Conversation | X | X | X | X | X |  |
| Grammar | X | X | X |  | X | X |
| Pronunciation | X |  |  |  |  |  |

* Capacidad de aulas por centro de enseñanza:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Capacidad/Centro | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Total Gral. |
| Arequipa |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 | 45 |
| Camacho | 2 | 16 |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | 8 |  |  |  | 15 | 42 |
| Lima |  |  | 1 | 10 | 1 |  | 3 |  |  | 1 |  | 1 |  |  | 1 |  | 5 | 23 |
| Los Jardines |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  | 56 | 62 |
| Miraflores |  |  |  |  |  | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 |  | 10 | 5 |  |  |  | 4 | 34 |
| Monterrico |  |  |  | 1 |  |  | 1 | 4 |  | 2 |  |  |  |  | 3 |  | 1 | 12 |
| Pueblo Libre | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  |  | 4 | 16 |  | 13 | 42 |
| Santa Anita |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | 60 | 2 | 64 |
| San Borja | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 37 | 38 |
| San Isidro |  |  | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 |  | 1 |  | 1 |  |  | 14 |  | 6 | 33 |
| SJL |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | 60 | 2 | 66 |
| San Miguel | 1 |  |  |  |  |  |  | 4 | 2 | 12 |  | 4 | 2 | 1 |  |  | 43 | 69 |
| Surco |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | 8 |  |  | 44 |  | 1 | 54 |
| Trujillo |  |  |  | 3 |  |  |  | 1 |  | 10 |  |  |  |  |  |  | 31 | 45 |

* Horarios y frecuencias válidos por curso:

| Curso | Infant | | Pre-Kids | | Kids | | | | Junior | | | | Basic | | | | | | Intermediate | | | | | | Advance | | | | | Conversation | | | | | Grammar | | | | Pronun  ciation |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| horario | D | S | D | S | A | B | D | S | A | B | D | S | A | B | C | D | F | S | A | B | C | D | F | S | A | B | C | D | S | A | B | C | D | S | A | B | D | S | D |
| 08:45 - 10:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |
| 08:45 - 11:07 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11:00 - 13:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15:30 - 17:52 |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16:00 - 18:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |
| 16:00 - 18:22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:15 - 20:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:30 - 20:52 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19:45 - 21:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19:45 - 22:07 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09:00 - 12:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  | X |  |  | X | X |  | X |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09:00 - 12:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10:30 - 13:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X | X | X |  |  |  | X |  |  |  |
| 12:30 - 15:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14:30 - 17:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15:00 - 18:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:15 - 21:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:15 - 21:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19:45 - 23:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07:00 - 08:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 08:45 - 10:15 | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  | X |
| 10:45 - 12:15 | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 12:30 - 14:00 |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |
| 14:15 - 15:45 | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 16:00 - 17:30 |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 18:00 - 19:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 19:45 - 21:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 21:30 - 23:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |
| 08:00 - 11:30 |  | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12:00 - 15:30 |  | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16:00 - 19:30 |  | X |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |
| 11:30 - 13:52 |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07:00 - 09:22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07:00 - 09:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09:00 - 11:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09:00 - 11:22 |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09:30 - 11:52 |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10:30 - 12:52 |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13:30 - 15:52 |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13:45 - 15:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15:30 - 17:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15:45 - 17:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07:00 - 10:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10:30 - 13:45 |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |  |  | X | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12:30 - 15:30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14:55 - 18:10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:00 - 21:15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07:00 - 10:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10:45 - 13:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12:45 - 15:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13:00 - 16:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18:00 - 21:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19:45 - 22:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  | X | X | X |  |  |  |  |  |  |  |
| 12:00 - 15:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |
| 16:00 - 19:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  | X |  |
| 15:45 - 19:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |
| 08:00 - 11:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |
| 11:10 - 12:40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |
| 09:00 - 13:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |
| 08:00 - 12:00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |
| 10:45 - 12:45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |

### **Situación problemática**

BRITÁNICO es un centro de idiomas que antes del inicio de cada periodo presenta la necesidad de realizar la programación de horarios, la cual contiene la cantidad de clases a dictar en dicho mes. La programación de estos horarios no es una tarea fácil de realizar, debido a la cantidad de esfuerzo y tiempo que se necesita, y a la gran cantidad de combinaciones y restricciones existentes que deben de respetarse. Esta programación es realizada en cada una de las 14 sedes a nivel nacional y de forma mensual, que es la duración de un periodo académico en la institución. En cada una de las sedes se dictan las materias de Infants, Pre-Kids, Kids, Juniors, Basic, Intermediate y Advance en diferentes horarios y frecuencias (diario, intermedio A, intermedio B, intermedio C, sabatino y superintensivo).

La programación de horarios al ser un proceso complejo y no tener un sistema de información que la soporte, inicia con la creación de clases a través de un proceso que copia las clases activas del periodo en curso y genera nuevas clases predecesoras con el mismo horario y aula, lo que permite ahorrar tiempos considerables. Sin embargo, posteriormente cada centro de enseñanza debe realizar los ajustes necesarios para llegar a la programación deseada.

La creación de clases inicia durante la tercera sesión del periodo que se encuentra en curso, donde cada Jefe de Centro ejecuta el proceso de copia masiva en el sistema Campus por la noche, según la programación enviada por la Gerencia de Operaciones, y tiene una duración de 5 días en total.

Uno de los problemas que se ha identificado es que, al crearse las clases mediante una copia, se deben realizar procedimientos de corrección y ajuste para llegar a la oferta que el Jefe de Centro desea. Estos procedimientos son realizados por los Subjefes de centro donde realizan la cancelación y/o anulación de clases, que suele darse cuando la copia se realizó de un mes con alta demanda a un mes con baja demanda; y la creación de clases manuales, que se presenta cuando la copia se realizó de un mes con baja demanda. La creación de clases manuales toma aproximadamente 10 minutos por clase debido a la lentitud del sistema Campus, lo que demanda muchas horas del Jefe de Centro y Subjefes de Centro.

Otro problema que se ha identificado es que el proceso no se considera crear una sección adicional a aquellas clases que están con un aforo al límite, por lo que los Subjefes de Centro tienen la labor de identificarlas para luego crear clases adicionales de forma manual en el periodo que se está por aperturar. Con ello, el centro de enseñanza se asegura en cubrir la demanda de dichas clases.

Durante la definición y asignación de recursos se ha identificado que es una actividad netamente manual, ya que se utiliza un planillón para asignar las aulas y profesores, que luego de ser validada se procede a registrar en el sistema de Hours. Asimismo, si un determinado centro requiere de profesores adicionales la selección y asignación de profesores a tiempo parcial se realiza de acuerdo con el procedimiento anterior. Al ser ambos procedimientos manuales pueden incurrir en errores como el de requerir profesores adicionales cuando no era necesario.

El proceso de programación de horarios finaliza durante la primera semana del periodo que se ha programado, donde los Subjefes de Centro proceden a anular las clases que no tuvieron alumnos inscritos; y a cancelar las clases que no llegaron a superar el mínimo permitido por clase, lo que genera el traslado de alumnos a clases del mismo curso o la devolución del dinero a los alumnos que no deseen trasladarse. Para los alumnos que son trasladados a otras clases se ha presentado el problema de superar el aforo permitido en las aulas, lo que ha ocasionado amonestaciones y/o sanciones por parte de INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) y quejas por parte de los alumnos.

Respecto de la cantidad de alumnos en clases con aforo superado, en la figura 6 se aprecia que existe un promedio de 3,500 alumnos por año que estudian en aulas con la capacidad no permitida. También, se puede apreciar que estas cifras han ido creciendo ya que en el 2015 existían 3,299 alumnos inscritos en clases con aforo superado, mientras que para el 2019 la cifra aumentó a 4,188, siendo los centros de enseñanza de Lima, Miraflores y Surco los que han mantenido una mayor incidencia.

La cancelación y/o anulación de clases libera un aula, lo que permitiría la creación de una nueva clase en dicho ambiente; sin embargo, esto no es aprovechado por todas las sedes, ya que depende del criterio y habilidad de cada Jefe de Centro. Por otro lado, existen Jefes de Centro que, durante la programación de horarios, logran utilizar todas las aulas, debido a que si se presenta la anulación de clases y evalúan hasta la segunda sesión que una clase está llegando al límite de aforo, crean una sección adicional de la misma clase y permiten que más alumnos se puedan matricular a ella.

Esta problemática se presenta debido a que la programación de horarios se realiza en base a la experiencia de cada Jefe de Centro debido a la cantidad de variables que se deben de tomar en cuenta para dicha programación y creación de las clases.

Figura 6. Gráfico de la cantidad de alumnos inscritos en clases con aforo superado por centro de enseñanza del 2015 al 2019 de Británico. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Respecto de las clases canceladas, en la figura 7 se observa que dichas cancelaciones han ido creciendo del 2015 al 2019, donde el mayor incremento se ha dado en el 2018 con 11,229 clases canceladas, mientras que en el 2019 decreció a 6,074. Sin embargo, la cancelación total de clases entre el 2015 y 2019 ha sido de 34,914 con un promedio de casi 7 mil clases canceladas por año. Esto supone que existe una cantidad considerable de aulas que no son aprovechadas por los centros.

Figura 7. Gráfico de la cantidad de clases canceladas por centro de enseñanza del 2015 al 2019 de Británico. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

Finalmente, se ha identificado que solo se llegan a ocupar el 60% de las vacantes ofertadas anualmente, lo que identifica la necesidad de optimizar el proceso de programación de horarios que se realiza en base a la experiencia de cada uno de los Jefes de Centro.

Figura 8. Gráfico del porcentaje de matriculados vs vacante libres del 2015 al 2019 de Británico. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

### **Problemas a resolver**

Se ha identificado que BRITÁNICO presenta un deficiente sistema de información en administración académica, ya que presentan lentitud y no contemplan un módulo para la programación de horarios y que considere en la creación de sus clases las siguientes variables y restricciones:

* Variables
  + Cursos
  + Frecuencias
  + Horarios
  + Profesores
  + Capacidad máxima por aulas y centro de enseñanza
  + Capacidad ociosa por aula y centro de enseñanza
  + Cantidad de alumnos que desaprobaron en el periodo anterior
* Restricciones
  + Frecuencias válidas por cursos
  + Horarios y frecuencias válidas por cursos
  + Profesores por curso
  + Un profesor no puede dictar más de un curso en un horario determinado

Respecto a los métodos utilizados para la programación de horarios, se pudo identificar que se utilizan modelos tradicionales como el estilo pizarra y está basado en la experiencia de cada Jefe de Centro.

# Propuesta de solución

## **Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

Implementar un sistema de programación automática de horarios basado en algoritmos genéticos para la optimización de recursos académicos y creación de clases mensuales en un centro de idiomas.

### **Objetivos específicos**

* OE1: Investigar y analizar los conceptos relacionados a la programación de horarios, así como las tecnologías y herramientas existentes en el mercado educativo que permitan la implementación de la solución.
* OE2: Diseñar un modelo válido para la programación de horarios basado en algoritmos genéticos.
* OE3: Desarrollar un algoritmo genético que permita resolver el problema de programación de horarios en BRITÁNICO.
* OE4: Implementar un sistema que soporte los datos de entrada y salida que requiere el problema.
* OE5: Validar que el sistema de programación automática de horarios logre optimizar los recursos académicos de cada centro de enseñanza y crear las clases de forma mensual.

### **Fundamentación de los objetivos**

* **OE1: Investigar y analizar los conceptos relacionados a la programación de horarios, así como las tecnologías y herramientas existentes en el mercado educativo que permitan la implementación de la solución.**

Este objetivo permitirá tener un conocimiento previo sobre las diferentes técnicas y modelos que se han utilizado para resolver el problema de programación de horarios en el sector educación y otros. A partir de ello, se realizará un análisis comparativo para validar que la solución propuesta es la mejor técnica que brinde solución al problema planteado.

* **OE2: Diseñar un modelo válido para la programación de horarios basado en algoritmos genéticos.**

Este objetivo permite diseñar un modelo que permita resolver el problema de programación de horarios en el Británico otorgando una disminución de esfuerzo y tiempo humano, aceptando la gran cantidad de combinaciones y restricciones existentes, y dejar de lado los modelos tradicionales como el estilo pizarra y trabajar respecto a la experiencia de cada jefe de centro.

* **OE3: Desarrollar un algoritmo genético que permita resolver el problema de programación de horarios en BRITÁNICO.**

Este objetivo permite desarrollar un algoritmo genético que iniciara con la generación de una población inicial, las cuales serán evaluadas por una función aptitud para obtener un valor que expresa que tan buena es la solución frente al problema tratado. Con esto se podrá controlar el número de selecciones, cruces y mutaciones llevadas a cabo a la población hasta encontrar el resultado óptimo que representará la mejor programación de horarios.

* **OE4: Implementar un sistema que permita la programación automática de horarios en base al modelo de algoritmo genético.**

Este objetivo permitirá implementar un sistema piloto basado en algoritmos genéticos que elabore de forma automática la programación de horarios por centro de enseñanza y periodo. Dicha programación deberá crear de forma automática las clases con su curso, horario, frecuencia, aula y profesor; y deberá de comunicarse de forma rápida y segura con el sistema actual Campus.

* **OE5: Validar que el sistema de programación automática de horarios logre optimizar los recursos académicos de cada centro de enseñanza y crear las clases de forma mensual.**

Este objetivo permite confirmar que el sistema piloto que hemos desarrollado cumple con todos los requisitos del negocio para la programación de horarios respetando la cantidad de combinaciones y restricciones existentes que tiene la institución. Para ello se realizarán pruebas de aceptación de usuario (UAT), que validará la funcionalidad del sistema, y experimentación numérica, que validará los resultados del algoritmo genético.

Cuando la aplicación esté en funcionamiento será de utilidad para el centro de enseñanza brindando los siguientes beneficios:

1. Eliminar el proceso manual en la planificación de horarios permitiendo reasignar esas horas hombres en otras funciones de utilidad para la institución.
2. Minimizar las amonestaciones y/o sanciones por parte de INDECI, ya que el sistema creará la cantidad de clases necesarias en función a la cantidad de alumnos en cursos inscritos.
3. Crear la cantidad de aulas acorde al mes requerido permitiendo reducir el índice de aulas canceladas.
4. Se automatizará la asignación de recursos como libros, docentes, aulas, auditorios evitando tener exceso o falta de recursos.
5. Se considerarán todas las restricciones planteadas por la institución.
6. Al realizar una planificación optima se reducirá las horas hombre invertidas en la programación de horarios.

### **Indicadores de logro de los objetivos**

* IE1: Documento de análisis de soluciones con un mínimo de 5 casos de éxito aprobadas por el asesor y alineados al proyecto.
* IE2: Validación de un mínimo de 2 expertos en el modelo de algoritmos genéticos y tener su aprobación con un mínimo de 85% de aceptación.
* IE3: Obtener como mínimo un 95% de éxito en los casos de prueba ejecutados.
* IE4: Aprobación de 2 especialistas en el rubro de la planificación en un centro de enseñanza
* IE5: Encuesta de satisfacción de evaluación de uso del producto con resultados superiores al 95%

## **Antecedentes**

### **Soluciones encontradas**

Se han encontrado tesis relacionadas a la programación de horarios aplicando diferentes técnicas.

#### **Soluciones encontradas en el ámbito local**

(Bedoya, 2018), en la tesis titulada “Modelo matemático para la asignación de horarios en la institución educativa de Ciencias Aplicadas Víctor Valenzuela Guardia – COCIAP – UNASAM, 2018” plantea como objetivo optimizar la asignación de horarios que respete las restricciones de un colegio con los niveles de primaria y secundario con diferentes horarios académicos a través de un modelo matemático de programación lineal binaria y con la ayuda del software LINGO ® 17.0. El desarrollo de la propuesta se realizó sobre el 2º y 3º grado de primaria y mejoró algunas de las distribuciones de horarios. Sin embargo, al utilizar la versión limitada del software, el autor no pudo abarcar los grados completos del nivel primario, e inclusive abarcar el nivel secundario.

(Hañari, 2016), en la tesis titulada “Algoritmos evolutivos aplicados a la generación de horarios para el Colegio Aplicación de la UNA - Puno” propone resolver el problema de generación de horarios a través de un algoritmo adaptativo que permita su optimización para el ahorro de tiempo y recursos. En el diseño del algoritmo evolutivo el autor identifica y selecciona los datos que estarán involucrados en el problema, cómo será la representación del cromosoma, cuál será la función aptitud, los detalles de implementación y la descripción general del programa. La aplicación del algoritmo evolutivo pudo reducir el tiempo de generación de horarios del colegio a 35 minutos, por lo que el autor enfatiza la rapidez, eficiencia y asertividad de la técnica en comparación con la búsqueda local en los problemas de administración de espacios. Sin embargo, la población inicial no cumple con todas las restricciones ya que es captada de forma aleatoria.

#### **Soluciones encontradas en el ámbito internacional**

Olusola et al. (2019), en la investigación titulada “Automatic Examination Timetable Scheduling Using Particle Swarm Optimization and Local Search Algorithm” presenta un algoritmo mejorado de optimización de enjambre de partículas (PSO) para la programación de exámenes en una universidad de Nigeria, en la que integra la técnica de búsqueda local (LS). El estudio arroja que la solución propuesta se acerca a una solución casi óptima donde la aplicación del LS ayuda a aumentar la efectividad del algoritmo PSO lo que puede producir un calendario factible de exámenes, laboratorio y calendario académico.

(Gómez, Arcos-Medina, & Pastor, 2020), en la investigación titulada “Aplicación de la Técnica de Algoritmos Genéticos en la Generación de Horarios Académicos” presenta una solución basada en técnicas metaheurísticas para resolver el problema de ineficiencia en la generación de horarios académicos en una institución educativa y utilizando la metodología de desarrollo ágil SCRUM. El autor seleccionó el algoritmo genético debido a que, al compararlo con otras tres técnicas metaheurísticas, este demuestra mejor adaptabilidad, efectividad y simplicidad que otros. Los resultados finales de la investigación sobre el parámetro de comportamiento de tiempos muestran una reducción del 99.12% con respecto a la forma manual en que se realiza la generación de horarios. Para los resultados finales sobre el parámetro de utilización de recursos se evalúa el uso de la memoria RAM y procesador obteniendo un valor cualitativo de excelente.

(Wen-jing, 2018), en el estudio titulado “Improved Adaptive Genetic Algorithm for Course Scheduling in Colleges and Universities” aborda la problemática actual sobre la no satisfacción de la demanda generada por la informatización de la gestión de la enseñanza en instituciones educativas del nivel básico y superior en China con de la programación de cursos asistidos. Para solucionar el problema, el autor propone el diseño de un algoritmo genético adaptativo mejorado basada en restricciones para la programación de los cursos. Como conclusión, el autor indica que el diseño de este método logra ser superior a los algoritmos genéticos y los genéticos adaptativos respecto del número de iteraciones convergentes, tiempo de convergencia local, aptitud física máxima y aptitud física promedio individual.

### **Análisis comparativo**

En la Tabla 1 se realiza un análisis comparativo de las características identificadas en cada uno de los antecedentes encontrados.

Tabla 1. Comparativo de antecedentes

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Autores | Metodología | Fuerza | Debilidad | Implementación | Funcionalidad | Software | Hardware |
| Bedoya (2018) | Modelo matemático de programación lineal binaria | Reducción de los tiempos muertos | Alto tiempo de ejecución computacional para pocas variables y restricciones | Desarrollo de modelo matemático para la asignación de horarios en 2 aulas de un colegio de Huaraz | Creación automática de horarios | LINGO ®17.0 | No especifica |
| Hañari (2016) | Algoritmo evolutivo | Solución con satisfacción óptima y tiempo computacional mejorado | No se consideraron restricciones realistas en la población inicial | Sistema de generación de horarios en un colegio de Puno | Recolección, modificación y extracción de datos para la generación de horarios escolares | Microsoft Windows XP, NetBeans y Java SE | Procesador 2.0 GHz, Disco duro 150 GB y de RAM 1 GB |
| Olusola et al. (2019) | Optimización de enjambre de partículas con búsqueda local | Las técnicas integradas de PSO y LS proporcionan una mejor solución | No proporciona una solución perfectamente factible | Sistema automático de cronograma de exámenes PSO\_LST | Programación automática de exámenes | Microsoft Windows XP, NetBeans IDE/Eclipse | Procesador 2.4 GHz, Disco duro 20 GB y de RAM 1 GB |
| Gómez, Arcos-Medina y Pastor (2020) | Scrum y algoritmos genéticos | Métricas para evaluar la eficiencia del sistema. Se demuestra la efectividad del sistema web | Complejidad computacional indefinida | Sistema web para asignación de horarios académicos | Generación automática de horarios académicos | No especifica | No especifica |
| Wen-jin (2018) | Algoritmo genético adaptativo mejorado | Mejor solución que un algoritmo genético y un algoritmo genético adaptativo | Alto tiempo de ejecución computacional | Diseño de un algoritmo genético adaptativo mejorado para la programación de cursos | Programación automática de cursos | No especifica | No especifica |

### **Evaluación de la mejor solución**

Dentro de las técnicas estudiadas en los antecedentes para dar solución al problema de programación de horarios se pudo observar 5 diferentes que son: programación lineal binaria, algoritmo genéticos, PSO y LS, algoritmos evolutivos y algoritmo genético adaptativo mejorado, que se muestran en la Tabla 2 en la que se realiza una valoración cuantitativa a las características de cada una de ellas.

Tabla 2. Comparativo de cuantitativo de técnicas

| Característica | Programación lineal binaria | Algoritmo evolutivo | PSO y LS | Algoritmos genético | Algoritmo genético evolutivo mejorado |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Simplicidad | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 1 | 0.75 |
| Independencia | 1 | 1 | 0.50 | 1 | 1 |
| Efectividad | 0.50 | 0.75 | 0.50 | 1 | 1 |
| Eficiencia | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 0.75 | 0.25 |
| Adaptabilidad | 0.25 | 0.50 | 0.50 | 1 | 0.75 |
| Robustez | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Total | 3.00 | 4.00 | 3.25 | 5.50 | 4.50 |

De acuerdo con el análisis comparativo realizado en la Tabla 2 se puede determinar que la técnica óptima a utilizar en la implementación del sistema son los algoritmos genéticos, debido a que obtiene la puntuación más alta de 5.50 en comparación con las otras técnicas. Las características más significativas son la simplicidad, ya que el ajuste de los parámetros del sistema no es complejo; la independencia, ya que no tiene la necesidad de integrarse con otros algoritmos en su implementación; la efectividad, ya que soluciona el problema de programación; y adaptabilidad, ya que es posible su desarrollo en diversas plataformas (Gómez, Arcos-Medina, & Pastor, 2020).

BRITÁNICO cuenta con el sistema PeopleSoft Campus Solution, el cual es el software en el que se realiza la gestión académica de la institución. Al mismo tiempo, existen diferentes sistemas de información en el mercado que presentan las mismas funcionalidades que la solución propuesta. Debido a ello, se evaluarán las funcionalidades de la propuesta de solución en comparación con los sistemas de información de gestión académica existentes.

Tabla 3. Comparativo cualitativo de sistemas de información

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Funcionalidad | Peoplesoft Campus | Canvas | SAP for Higher Education | Solución Propuesta |
| Recolección de datos | No existe | No existe | No existe | Automática |
| Asignación de horarios | Manual | Manual | Automática | Automática |
| Asignación de aulas | Semiautomática | Manual | Automática | Automática |
| Asignación de profesor | Manual | Manual | Automática | Automática |
| Programación de horarios | Manual | No existe | Automática | Automática |
| Creación de clases | Semiautomática | Manual | Semiautomática | Automática |

Tabla 4. Comparativo cuantitativo de sistemas de información

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| c | Peoplesoft Campus | Canvas | SAP for Higher Education | Solución Propuesta |
| Recolección de datos | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| Asignación de horarios | 0.25 | 0.25 | 0.75 | 0.75 |
| Asignación de aulas | 0.50 | 0.25 | 0.75 | 0.75 |
| Asignación de profesor | 0.25 | 0.25 | 0.75 | 0.75 |
| Programación de horarios | 0.25 | 0.00 | 0.75 | 0.75 |
| Creación de clases | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0.75 |
| Total | 1.75 | 1.00 | 3.50 | 4.50 |

En la Tabla 3 y 4 se observa que la solución propuesta obtiene una puntuación de 4.50 que es superior a los demás, ya que todas las funcionalidades que se pretenden abordar serán automáticas. Por lo que se puede determinar que la solución planteada en base a algoritmos genéticos es la óptima para resolver el problema de optimización de recursos y creación automática de clases.

## **Diseño preliminar de la solución**

### **Arquitectura de la solución**

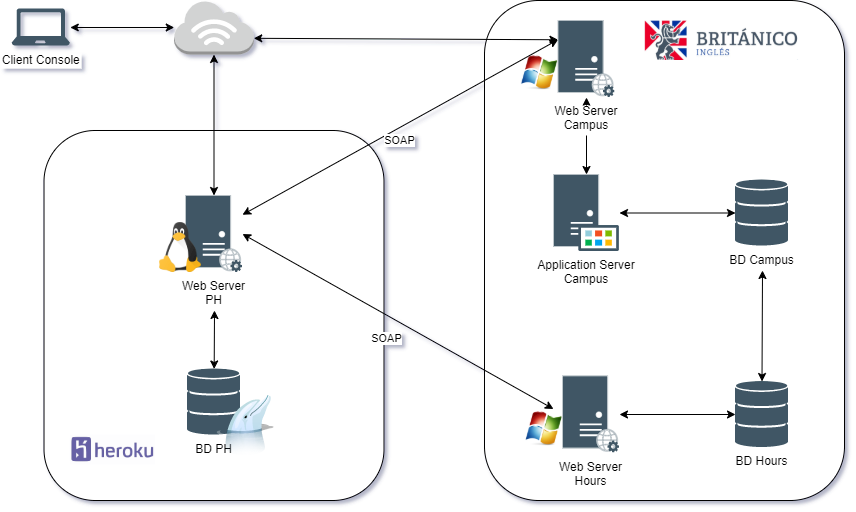


Figura 9. Diagrama de Arquitectura de Despliegue de la Solución. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

La arquitectura de despliegue propuesta para el sistema de programación automática de horarios se realizará en un host de contenedor virtual llamado Heroku. Dentro de este contenedor se alojará el servidor web del sistema, que se denominará PH, y la base de datos que será MySQL. El servidor web alojado en Heroku se comunicará mediante servicios SOAP con el servidor web de Campus para obtener datos maestros como centros de enseñanza, cursos, frecuencias, horarios y aulas, y la data histórica de las clases. De igual forma, PH se comunicará con el servidor web de Hours para obtener los datos maestros de los profesores y su disponibilidad.

En la figura 10 podemos observar el diagrama de arquitectura lógica de la solución. En la capa de presentación tenemos la interfaz de usuario que contiene los interfaces gráficas del módulo de programación de horarios con las diferentes funcionalidades del sistema. Dentro del componente de proceso de interfaz se encontrarán los procesos encargados de la interacción del usuario con el sistema los cuales serán el de recolección de datos, de análisis de recursos y restricciones, y el de creación de clases.

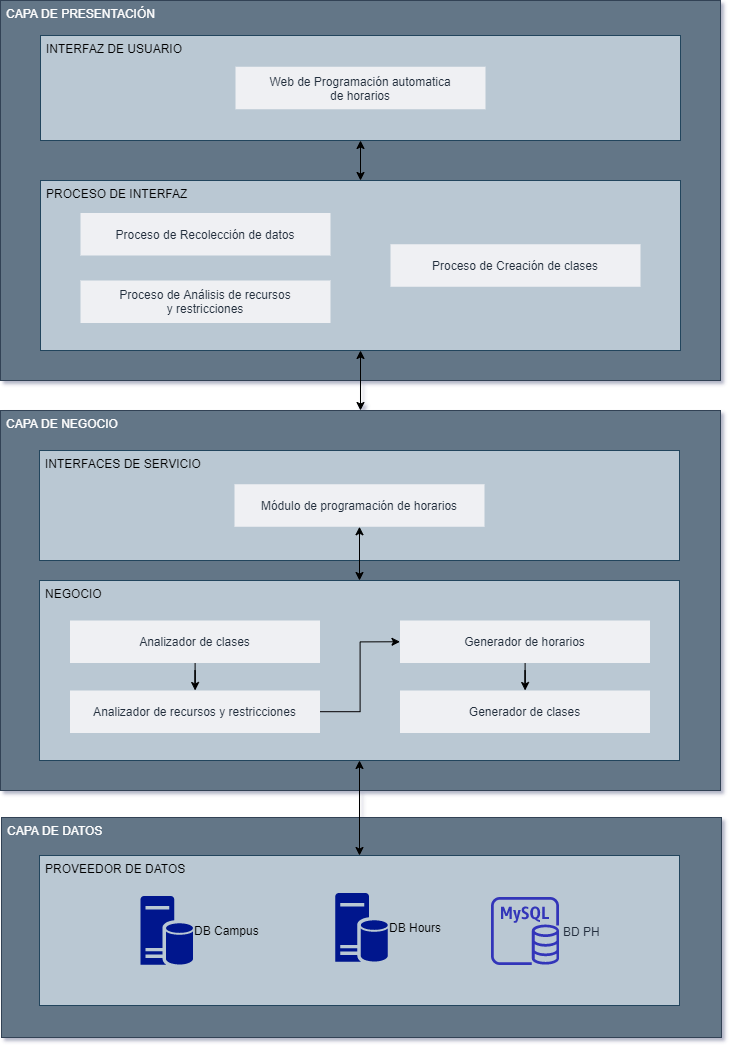


Figura 10. Diagrama de Arquitectura Lógica de la Solución. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

En la capa de negocio, se tendrá como interfaz de servicio el módulo de programación de horarios que permitirá obtener el histórico de clases y datos maestros necesarios, para luego de procesar y aplicar el algoritmo de genética se genere la creación de clases. Este módulo estará dentro de un servicio web en Java el cual será invocado a través del protocolo SOAP desde el sistema web desarrollado. A su vez, dentro del negocio se encontrarán las siguientes funcionalidades:

* Analizador de clases: esta funcionalidad permitirá recolectar la información del historial de clases de BRITÁNICO, que se tomará para determinar cuantas clases por curso, centro y horario se deberán crear.
* Analizador de recursos y restricciones: esta funcionalidad asociará la clasificación de los recursos a cada clase, donde se comparará el perfil del profesor con las del curso, capacidades de cada aula, así como las frecuencias y horarios de cada curso,
* Generador de horarios: esta funcionalidad estará desarrollado con el algoritmo genético, el cual tomará las restricciones para penalizar aquellos horarios que no las cumplan, y el horario con una función aptitud de menor valor será la mejor adaptada y seleccionada.
* Generador de clases: esta funcionalidad permitirá crear las clases con la asignación de la frecuencia, horario, sede, aula y profesor, para luego ser enviada a los sistemas de BRITÁNICO.

La capa de datos contendrá las base de datos en donde están contenidos los recursos de BRITÁNICO con los que trabajará el sistema de programación automática de horarios.

### **Hardware**

El hardware de nuestra arquitectura será el siguiente:

* Contenedor virtual - Heroku
  + RAM: 512 MB
  + Disco HDD: 5 GB
  + Firewall: HTTP
  + IP pública
* Base de datos MySQL
  + Procesador: 1 núcleo
  + RAM: 3.75
  + Almacenamiento: SSD 10GB Elástico

### **Software**

El software que utilizará nuestra arquitectura consiste en los siguientes productos:

* Sistema operativo: Linux
* Servidor de Aplicación: Apache Tomcat 9
* Entorno de Aplicación: Eclipse
* Framework: Spring
* Lenguaje de programación: Java

### **Factibilidad económica**

#### **Costos del sistema Actual**

Los costos que se detallan a continuación corresponden a los costos de operación del sistema actual, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

**Sueldos de trabajadores**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cargo | Indicé Empresarial | Salario por mes | Salario Empresarial | Salario por día | Salario por hora | Salario por minuto |
| Jefe de centro | 1.3 | S/ 6,000.00 | S/ 7,800.00 | S/ 260.00 | S/ 32.50 | S/ 0.54 |
| Sub Jefe de centro | 1.3 | S/ 5.000.00 | S/ 6,500.00 | S/ 216.67 | S/ 27.08 | S/ 0.45 |

**Costos por actividad**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre de actividad | Responsable | Cantidad de Responsables | Tiempo Promedio (minuto) | Promedio Repetición de actividad al mes | Salario por minuto (soles) | Costo total (soles) |
| Crear curso – manual | Jefe de Centro | 14 | 10 | 20 | 0,54 | S/ 1.516,67 |
| Definir asignación de recursos | Jefe de Centro | 14 | 960 | 1 | 0,54 | S/ 7.280,00 |
| Gestionar confirmación de profesores | Sub Jefe de Centro | 14 | 30 | 1 | 0,45 | S/ 189,58 |
| Anular curso – manual | Sub Jefe de Centro | 14 | 2 | 35 | 0,45 | S/ 442,36 |
| Total Mensual |  |  |  |  |  | *S/ 9,428.61* |
| Total Anual |  |  |  |  |  | **S/ 113,143.33** |

#### **Costos del sistema propuesto**

Los costos que se detallan a continuación corresponden a los costos de la creación y operación del sistema propuesto, lo cuales están distribuidos de la siguiente manera:

**Recursos para el desarrollo del sistema**:

* **Recursos Humanos:** es el esfuerzo humano que se necesita para desarrollar el sistema.
* **Recursos para Desarrollo:** son todos los servicios, materiales y equipos que se requiere para desarrollar el sistema.
* **Recursos Tecnológicos:** es el uso de la tecnología informática tangible e intangible para desarrollar el sistema.

**Recursos Humanos:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Cargo | Cantidad | Periodo (mes) | Salario Mensual | Salario Total |
| Desarrollador | 2 | 9 | S/ 1,500.00 | S/ 27,000.00 |
| Total |  |  |  | **S/ 27,000.00** |

**Recursos para Desarrollo:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Elementos | Cantidad / Periodo (mes) | Precio | Precio Total |
| Laptop | 2 | S/ 3,000.00 | S/ 6,000.00 |
| Internet (Movistar) | 9 | S/ 65.60 | S/ 590.40 |
| Otros gastos | 1 | S/ 200.00 | S/ 200.00 |
| Total |  |  | **S/ 6,790.40** |

* Otros gastos: Papelote, Plumones, hojas bond, impresiones, entre otros.

**Recursos Tecnológicos**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Detalle | Periodo (mes) | Precio (Dólares) | Precio (Soles) | Precio Total |
| Servicio PaaS Heroku | 9 | $ 25.00 | S/ 87.50 | S/ 787.50 |
| Total |  |  |  | **S/ 787.50** |

* Tipo de cambio 3.5

**Resumen de la inversión:**

|  |  |
| --- | --- |
| Recursos | Monto |
| Recursos Humanos | S/ 27,000.00 |
| Recursos para Desarrollo | S/ 6,790.40 |
| Recursos Tecnológicas | S/ 787.50 |
| Total sin imprevistos | **S/** *34,577.90* |
| Imprevistos (10%) | S/ 3,457.79 |
| Total | **S/ 38,035.69** |

**Costos por actividad**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre de actividad | Responsable | Cantidad de Responsables | Tiempo Promedio (minuto) | Promedio Repetición de actividad al mes | Salario por minuto (soles) | Costo total (soles) |
| Crear curso – manual | Jefe de Centro | 14 | 10 | 2 | 0.54 | S/ 151.67 |
| Definir asignación de recursos | Jefe de Centro | 14 | 30 | 1 | 0.54 | S/ 227.50 |
| Gestionar confirmación de profesores | Sub Jefe de Centro | 14 | 10 | 1 | 0.45 | S/ 63.19 |
| Anular curso – manual | Sub Jefe de Centro | 14 | 2 | 32 | 0.45 | S/ 25.28 |
| Total Mes |  |  |  |  |  | *S/ 467.64* |
| Total Año |  |  |  |  |  | **S/ 5,611.67** |

#### **Evaluación de Costo / Beneficio**

Luego de tener toda la información que concierne al sistema actual y propuesto, podemos analizar para determinar los beneficios del nuevo sistema y poder determinar si constituye a un retorno aceptable sobre la inversión.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Año | Costo total del sistema actual | Costo total del sistema propuesto | Diferencia (beneficio) |
| 1 | S/ 113,143.33 | S/ 43,647.36 | S/ 69,495.98 |
| 2 | S/ 113,143,33 | S/ 5,611.67 | S/ 107,531.67 |
| 3 | S/ 113,143,33 | S/ 5,611.67 | S/ 107,531.67 |
| 4 | S/ 113,143.33 | S/ 5,611.67 | S/ 107,531.67 |
| 5 | S/ 113,143.33 | S/ 5,611.67 | S/ 107,531.67 |
| Total |  |  | **S/ 499,622.64** |

* El primer año se suma los montos de la inversión y sistema propuesto.

Payback: Se trata de una estrategia, un indicador usado en las empresas para calcular el período de retorno de inversión en un proyecto.

Payback = inversión inicial / promedio mensual del flujo de caja

Payback = 43,647.36 / 5,791.33 = **7.54**

Luego de aplicar el indicador payback podemos determinar que el retorno de la inversión se daría en aproximadamente 8 meses, por lo que de esa fecha en adelante serían ganancias para BRITÁNICO. Si proyectamos las ganancias a 5 años, se puede determinar un ahorro de S/ 499,622.64.

### **Factibilidad técnica**

Para la realización del proyecto se utilizarán herramientas de desarrollo como el lenguaje de programación Java en conjunto con el entorno Eclipse, ya que dichas herramientas contemplan un amplio soporte, una comunidad muy activa de usuarios, y actualmente BRITÁNICO trabaja con ambas, por lo que luego de la implementación el propio equipo de desarrollo de la institución podría brindar el soporte.

Referente a la infraestructura tecnológica, el sistema se desarrollará en la nube y se utilizará el tipo de servicio PaaS en Heroku que, al ser un servicio escalable, permitiría adquirir un servicio con mejores recursos a futuro y según las necesidades del negocio.

Adicionalmente, BRITÁNICO cuenta con un presupuesto de inversión tecnológica, que puede ser utilizada por el área que lo requiera, que para el proyecto sería el área de Desarrollo, previa evaluación de la factibilidad económica del proyecto a desarrollar.

# Modelación del negocio

## **Reglas del negocio**

RN01 - Para realizar la matrícula de un siguiente nivel, debe tener una nota mínima de 70 en el nivel anterior.

RN02 - Un alumno puede retomar las clases desde el nivel que dejo, siempre y cuando, el tiempo transcurrido desde que dejo de estudiar sea menor a 4 meses, de lo contrario debe rendir un examen de clasificación para que pueda ser reasignado a su nivel correspondiente respecto a la nota que obtenga.

RN03 - Cada profesor puede tener una cantidad de horas, asignadas en cada mes, menor a 144.

RN04 - Si la clase no supera el 50 % de alumnos matriculados, no se apertura la clase y se reubica a otra clase.

RN05 - La cantidad de alumnos permitido en cada aula debe ser menor o igual al número de aforo permitido.

RN06 – Un profesor no puede dictar más de un curso en un horario determinado.

## **Modelos de casos de uso del negocio**

### **Actores del negocio**

Jefe de Centro: Inicia la creación de las clases, con copia masiva de un periodo anterior, de ser requerido clases adicionales lo genera de forma manual en el sistema. Seguido realiza la programación de horarios que consiste en la asignación de horario, aula y profesor.

### **Casos de uso del negocio**

Crear clase: Consiste en la creación de clases de un centro de estudios.

Programar horario: Consiste en planificar de forma óptima la asignación de horario, aula y profesor.

### **Diagrama de casos de uso del negocio**

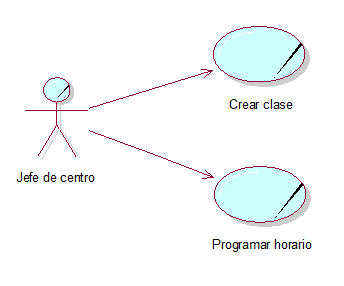


Figura 11. Diagrama de casos de uso del negocio. Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia.

# REFERENCIAS

Aragu, M. a. (2014). Modelado y resolución del problema de asignación de horarios para el transporte ferroviario utilizando técnicas de satisfacción de restricciones. *Gestión y Gerencia*.

Bedoya, F. (2018). Modelo matemático para la asignación de horarios en la institución educativa de ciencias aplicadas Víctor Valenzuela Guardia – COCIAP – UNASAM, 2018. Huaraz, Perú. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2882

Bustos, B. &. (2014). Generación de horarios académicos en Inacap utilizando algoritmos genéticos.

Carrasco, B. (2007). Calendarización de horarios a enfermeras.

Civelek, Z. &. (2016). Proportional integral derivative parameter optimisation of blade pitch controller in wind turbines by a new intelligent genetic algorithm. *IET Renewable Power Generation*.

Cox, E. (2005). *Fuzzy Modeling and Genetic Algorithms for Data Mining and Exploration.* San Francisco: Elsevier.

Dozier, G. &. (2001). An Introduction to Evolutionary. *Intelligent control systems using soft computing methodologies*.

Gómez, J., Arcos-Medina, G., & Pastor, D. (2020). Aplicación de la Técnica de Algoritmos Genéticos en la Generación de Horarios Académicos. *Ibero-American Symposium on Computer Programming jointly held with the International Congress on Technology Education and Knowledge Management*, 150-165.

Hañari Mamani, S. (2016). Algoritmos Evolutivos Aplicados a la Generación de Horarios para el Colegio Aplicación de la UNA - Puno. Puno, Perú.

Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems.*

Hurwitz, J. (2018). *Machine Learning Machine Learning For Dummies*. Obtenido de IBM Limited: http://www.wiley.com/go/permissions.

Koza, J. (1992). *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection.* Massachusetts.

Mell, P. &. (SETIEMBRE de 2011). *NIST*. Obtenido de NIST: https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final

Ponce, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería.* Mexico DF: Alfaomega.

Sanchez, D. &. (2014). An integer linear programming model for a university timetabling problem considering time windows and consecutive periods. *Applied Operational Research*.

Torres, S. (2010). Infraestructura tecnológica y apropiación de las.

Wen-jing, W. (2018). Improved Adaptive Genetic Algorithm for Course Scheduling in Colleges and Universities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 29-42.

Wren, A. (1995). *Scheduling, Timetabling and Rostering.* Lecture Notes in Computer Science.