



UBA
1821 Universidad
de Buenos Aires



Planificación de Proyectos [TC023]

Trabajo Final

Sistema de Control de Acceso a Estacionamiento Vehicular

Alumno	Padrón	Correo
Acosta, Mateo	109391	matacosta@fi.uba.ar
Klöckner, Martín Javier	105378	mklockner@fi.uba.ar
Lema Roveta, Mateo	104561	mlema@fi.uba.ar
Torrealba Godoy, Miguel	107309	mtorrealba@fi.uba.ar
Vera, Diego Martín	105253	dvera@fi.uba.ar

Índice

1. Introducción	3
1.1. Antecedentes y justificación	3
1.2. Propósito	3
1.3. Objetivos	3
1.4. Alcance	3
1.5. Beneficios	4
2. Design Thinking	4
2.1. Empatizar	4
2.1.1. Usuarios seleccionados	4
2.1.2. Empathy Map	4
2.2. Definir	7
2.3. Idear	7
2.3.1. Brainstorming	7
2.3.2. Prioridades	8
2.4. Prototipar	9
2.5. Testear	9
3. Descripción Técnica	10
3.1. Sistema de Entrada	12
3.2. Sistema de Salida	12
4. Especificaciones	13
5. Planificación	15
5.1. Metodologías utilizadas	16
5.2. Proceso de Iniciación	16
5.3. Plan de Trabajo	18
5.4. Historias de Usuario	19
5.5. Planificación de Scrum	20
5.6. Primer Sprint	20
5.7. Segundo Sprint	21
5.7.1. Historia de usuario desarrollada	22
5.7.2. Cronograma de la primer semana	24

6. Riesgos Técnicos y Estimación de Tiempos	25
6.1. Identificación y Análisis de Riesgos Técnicos	25
6.2. Impacto de los riesgos técnicos en el cronograma	27
6.2.1. Diagrama de Gantt	28
7. Gestión Económica	29
7.1. Clasificación de costos	29
7.1.1. Costos Directos	29
7.1.2. Costos Indirectos	30
7.2. Aplicación de Principios Contables	30
7.2.1. Principio de devengo	30
7.2.2. Período de competencia	30
7.2.3. Acumulación de costos	31
7.3. Cost Breakdown Structure (CBS)	31
8. Conclusiones	32
9. Fuentes	32

Índice de figuras

1. Boceto de las soluciones seleccionadas	9
2. Diagrama de bloques del sistema de acceso a estacionamiento	11
3. Sistema de registro de ingreso y salida de vehículos	11
4. Diagrama de flujo de la entrada de vehículos al estacionamiento	12
5. Diagrama de flujo de la salida de vehículos del estacionamiento	13
6. Placa NUCLEO	14
7. Display LCD	14
8. Teclado	14
9. Memoria	15
10. Placa Experimental	15
11. Diagrama WBS	16
12. Diagrama AON	17
13. Diagrama de Gantt	29

1. Introducción

1.1. Antecedentes y justificación

Previo a la implementación de sistemas de control asistido por tecnología en estacionamientos de cualquier tipo, predominaban los estacionamientos de tipo completamente manual, en los cuales una o más personas se encargaban de operar y controlar el ingreso y salida de vehículos, verificando quién entraba y salía y si se abonaba la tarifa correspondiente. Esta práctica, si bien se sigue utilizando, es cada vez menos frecuente, siendo más común en estacionamientos pequeños de barrio. Actualmente, muchas soluciones incorporan elementos de automatización parcial, como validación electrónica o registro digital, sin necesidad de una infraestructura compleja como lectores de códigos, sensores o barreras motorizadas. Este proyecto fomenta eso, proponiendo un sistema simple y económico, que asiste al operador mediante tecnologías digitales sin eliminar su rol activo.

1.2. Propósito

Desarrollar un sistema digital de control de acceso vehicular que permita organizar el ingreso y egreso de vehículos, optimizar el registro de datos y mejorar la experiencia operativa sin depender de infraestructura costosa.

1.3. Objetivos

- Gestionar electrónicamente el ingreso y egreso de vehículos.
- Registrar el tiempo de estadía de cada vehículo para su posterior cobro.
- Brindar una interfaz simple para operadores, con validaciones automáticas.
- Permitir funcionamiento sin conexión a red, y garantizar persistencia de datos.
- Facilitar futuras expansiones o mejoras tecnológicas.

1.4. Alcance

El sistema de control de acceso vehicular responde a múltiples necesidades prácticas observadas tanto en usuarios como en administradores de estacionamientos. Su implementación busca resolver problemas vinculados con la congestión vehicular, el control manual de pagos y la falta de organización en el ingreso y egreso de vehículos, a través de una solución digital, sin sensores externos ni aplicaciones móviles.

En cuanto a los actores involucrados, el sistema está dirigido principalmente a dos grupos:

- **Operador:** persona encargada de supervisar el funcionamiento del sistema de control, verificar el acceso de los vehículos y asegurar que el proceso se desarrolle correctamente.
- **Dueños o administradores del estacionamiento:** responsables de garantizar el buen funcionamiento del servicio, su rentabilidad, mantenimiento y escalabilidad.

1.5. Beneficios

Para el dueño de la solución:

1. Menor costo de mantenimiento.
2. Reducción del personal operativo.
3. Posibilidad de reducir tarifas y atraer más usuarios.
4. Escalabilidad del sistema a otros estacionamientos

Para el operario del sistema:

1. Disminución de errores gracias a validaciones automáticas en el ingreso de datos.
2. Facilidad de supervisión y control.
3. Monitoreo en tiempo real.
4. Simplificación del proceso de cobro mediante cálculo automático del tiempo de estadía.

2. Design Thinking

2.1. Empatizar

2.1.1. Usuarios seleccionados

1. Operador del sistema de acceso
2. Dueño del estacionamiento
3. Persona que ingresa al estacionamiento

2.1.2. Empathy Map

1. Operador del sistema

- Persona: Cosme Fulanito
- Edad: 32
- Profesión: Técnico en electrónica
- Objetivo: busca realizar su trabajo con eficiencia y sin errores, atendiendo a los usuarios sin perder tiempo ni cometer fallas en el ingreso o egreso.

Categoría	Contenido
Dice	<i>"¿Ingresaste bien la patente?", "Esperá que el sistema confirme", "Te paso el ticket ahora"</i>
Piensa	Quiere evitar errores, mantener la fila en movimiento, y no quedar mal ante el usuario o el dueño.
Siente	Presión por operar rápido, nervios si hay fallas técnicas, cansancio en horarios pico.
Hace	Registra patentes, selecciona tipo de vehículo, entrega tickets, consulta el sistema ante dudas.
Dolores	Faltas de confirmación visual, errores al tipear, equipos lentos o poco claros.
Necesidades	Flujo simple de ingreso, pantalla clara, mensajes de error útiles, rapidez en la interfaz.

Tabla 1: Mapa de empatía del usuario 1

2. Dueño del estacionamiento

- Persona: Sorrentino Andate
- Edad: 43
- Profesión: Empresario
- Objetivo: busca un sistema confiable y económico que le permita administrar el estacionamiento con bajo mantenimiento y mayor control.

Categoría	Contenido
Dice	<i>"¿Cuántos autos entraron hoy?", "¿Cuánto gastamos en reparaciones este mes?", "¿Se puede automatizar más?"</i>
Piensa	Analiza el retorno de inversión. Quiere evitar errores humanos y reducir costos operativos.
Siente	Preocupación si hay fallos técnicos o si el personal no sabe usar el sistema correctamente.
Hace	Revisa reportes, coordina al personal, solicita mantenimiento si algo no funciona.
Dolores	Falta de trazabilidad, pérdidas por errores humanos, dificultades de mantenimiento.
Necesidades	Sistema confiable, registros accesibles, facilidad para capacitar personal, bajo costo de operación.

Tabla 2: Mapa de empatía del usuario 2

3. Persona que ingresa al estacionamiento

- Persona: Armando Casas
- Edad: 81
- Profesión: Jubilado
- Objetivo: busca ingresar y salir del estacionamiento con comodidad, sin tener que interactuar con tecnología compleja ni esperar demasiado.

Categoría	Contenido
Dice	<i>'Estoy de paso', "¿Le doy mi patente al empleado?", "¿Dónde dejo el auto?"</i>
Piensa	Espera ser atendido con rapidez. Le preocupa no entender instrucciones o que lo confundan.
Siente	Alivio si el proceso es simple. Frustración si hay que usar máquinas o esperar demasiado.
Hace	Dialoga con el operador, entrega los datos necesarios, estaciona y se retira.
Dolores	Sistemas automáticos confusos, barreras que no abren, atención lenta o poco amable.
Necesidades	Atención clara, rapidez, asistencia humana, barreras accesibles.

Tabla 3: Mapa de empatía del usuario 3

2.2. Definir

1. Operador del sistema

POV Statement: Este operador necesita registrar vehículos de forma rápida y sin cometer errores, porque debe atender a varios usuarios en poco tiempo, asegurarse de que la información esté bien cargada y evitar demoras en el ingreso.

2. Dueño del estacionamiento

POV Statement: Este dueño necesita un sistema confiable que funcione con poco mantenimiento y brinde reportes claros, porque quiere reducir costos operativos, evitar pérdidas por errores humanos y tener control total sobre el funcionamiento diario.

3. Persona que ingresa al estacionamiento

POV Statement: Este usuario necesita que el operador lo atienda rápidamente sin tener que interactuar con máquinas o interfaces complejas, porque busca una experiencia cómoda, directa y accesible, especialmente si tiene dificultades de movilidad o edad avanzada.

2.3. Idear

2.3.1. Brainstorming

Usuario: operador del sistema - Cosme Fulanito

1. Mostrar la hora exacta de ingreso del vehículo en pantalla.
2. Mostrar la cantidad total de minutos y horas desde el ingreso.

3. Agregar un botón específico en el teclado para “Consultar estadía”.
4. Asignar un código único a cada patente para recuperarla fácilmente.
5. Mostrar en pantalla la tarifa estimada según el tiempo de estadía.
6. Usar teclas de acceso rápido para seleccionar tarifas comunes.
7. Emitir un pitido o luz en el display cuando se supera cierto tiempo límite.
8. Registrar la hora de ingreso automáticamente al cargar la patente.
9. Almacenar los datos de ingreso con timestamp en EEPROM.
10. Crear una función que reste la hora de ingreso a la hora actual.
11. Indicar con letras grandes en el LCD el tiempo restante o vencido.
12. Permitir que el operador edite manualmente la hora si hubo un error.
13. Agregar un botón “revisar historial” para ver entradas anteriores.
14. Mostrar una advertencia si el vehículo excede la estadía permitida.
15. Implementar un resumen diario con los tiempos promedio de estadía.
16. Asociar tipo de estadía (mensual, por hora) para aplicar lógicas diferentes.
17. Imprimir el tiempo de permanencia en el ticket final (si hubiera).
18. Alertar si una patente no tiene un ingreso registrado (por error).
19. Dar opción de reimprimir/resumir los datos de ingreso recientes.
20. Crear una función que calcule automáticamente el monto a pagar.

2.3.2. Prioridades

Prioridad 1: Mostrar la cantidad total de minutos y horas desde el ingreso

- **Impacto:** Muy alto. El operador obtiene la información exacta sin necesidad de cálculos manuales.
- **Viabilidad:** Alta. Puede calcularse fácilmente con una rutina que resta timestamps.
- **Motivo:** Mejora inmediata en la precisión del cobro y la velocidad de atención.

Prioridad 2: Agregar un botón específico en el teclado para “Consultar estadía”

- **Impacto:** Alto. Facilita la tarea sin necesidad de menús ni pasos complejos.
- **Viabilidad:** Muy alta. Basta con asignar una tecla libre del teclado matricial.
- **Motivo:** Simplifica el flujo y reduce la carga cognitiva del operador.

Prioridad 3: Mostrar la tarifa estimada según el tiempo de estadía

- **Impacto:** Alto. El operador puede informar inmediatamente el monto al usuario.
- **Viabilidad:** Alta. Requiere vincular el cálculo de tiempo con una tabla de tarifas.
- **Motivo:** Reduce errores de cobro y mejora la transparencia del servicio.

Prioridad 4: Alertar si una patente no tiene un ingreso registrado

- **Impacto:** Medio-alto. Evita fallas en el flujo y posibles reclamos.
- **Viabilidad:** Alta. Se puede implementar con una verificación previa de existencia en memoria.
- **Motivo:** Mejora la robustez del sistema y la confianza del operador.

Prioridad 5: Permitir que el operador edite manualmente la hora si hubo un error

- **Impacto:** Medio. Útil en casos excepcionales donde se cometió un error humano.
- **Viabilidad:** Media. Requiere una interfaz un poco más compleja para edición.
- **Motivo:** Aporta flexibilidad, aunque no se usa con frecuencia.

2.4. Prototipar

En la figura 1 se muestra un boceto ilustrativo de las soluciones seleccionadas de acuerdo a las ideas más prioritarias.



Figura 1: Boceto de las soluciones seleccionadas

2.5. Testear

Escenario de prueba: El operador del sistema se encuentra trabajando en el ingreso/egreso de vehículos. Un conductor solicita retirarse del estacionamiento y el operador debe utilizar el sistema para consultar el tiempo de estadía y calcular el monto a pagar, sin haber recibido capacitación directa sobre la interfaz ni instrucciones específicas para esta acción.

Tareas esperadas por el usuario (no comunicadas al usuario):

1. Identificar el botón o secuencia adecuada para consultar la estadía.
2. Ingresar correctamente la patente del vehículo mediante el teclado.
3. Leer el tiempo transcurrido desde el ingreso en el display LCD.
4. Asociar el tiempo con la tarifa correspondiente.
5. Informar verbalmente al conductor el monto a pagar.

Criterios de éxito

En la tabla 4, se muestran los criterios para dar por exitosa la prueba de las ideas implementadas a partir del brainstorming y su validación en el flujo real de trabajo.

Criterio	Resultado esperado
Detección de la función “Consultar estadía”	El operador identifica correctamente el botón asignado o la secuencia de teclado.
Precisión en el ingreso de la patente	Se ingresan los caracteres sin errores, confirmando la operación en pantalla.
Visualización clara del tiempo de estadía	El display muestra tiempo transcurrido (hh:mm) de forma comprensible.
Interpretación de la tarifa asociada	El operador puede comunicar verbalmente el monto final a pagar.
Tiempo de ejecución total	El proceso completo no supera los 40 segundos.
Nivel de autonomía	El operador no requiere ayuda externa para completar la tarea.

Tabla 4: Criterios de evaluación para la consulta de estadía

Este plan permite validar si el sistema es intuitivo para el operador y funcional bajo condiciones reales de trabajo, lo cual es clave para garantizar un proceso de cobro rápido y sin errores.

3. Descripción Técnica

En la Figura 2 se muestra un diagrama de bloques en el cual se presentan los principales componentes del sistema de control de acceso vehicular, así como las interdependencias entre

ellos. La lógica del sistema es gestionada por un microcontrolador que interactúa con distintos periféricos de entrada y salida.

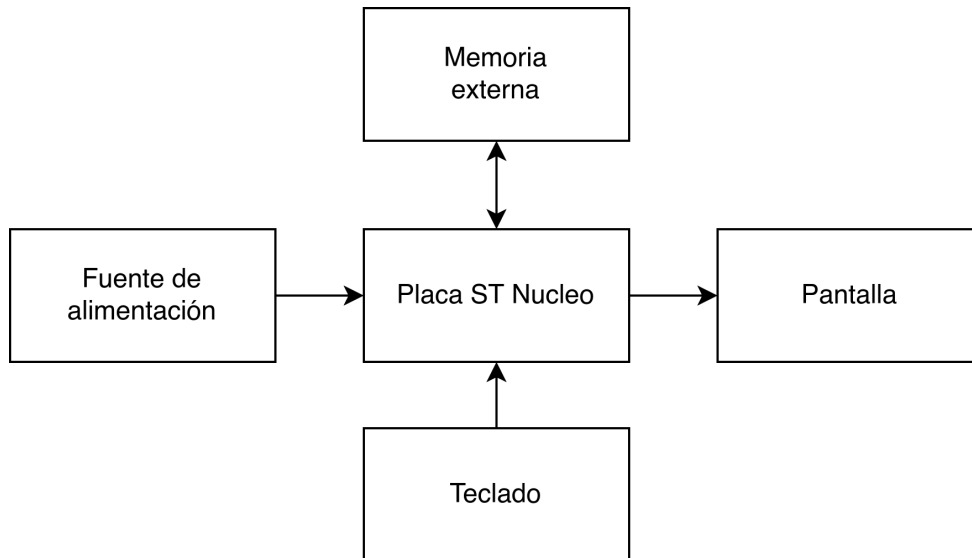


Figura 2: Diagrama de bloques del sistema de acceso a estacionamiento

El sistema cuenta con dos puntos de operación: uno para registrar el ingreso y otro para registrar el egreso de vehículos. En ambos casos, el operador utiliza un teclado matricial para ingresar los datos del vehículo (por ejemplo, patente y tipo de estadía), y visualiza la información en un display LCD de 16x2 caracteres. Toda la información se almacena en una memoria externa tipo EEPROM, la cual conserva los datos incluso ante un corte de alimentación.



Figura 3: Sistema de registro de ingreso y salida de vehículos

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de cómo podría implementarse físicamente el sistema en campo, montado sobre una estructura accesible.

3.1. Sistema de Entrada

El sistema de entrada es utilizado por el operador para registrar la información de los vehículos que desean ingresar al estacionamiento. A través del teclado, el operador carga los datos del usuario, incluyendo la patente y el tipo de estadía seleccionada. El microcontrolador guarda dicha información en la memoria EEPROM junto con un timestamp que indica el momento del ingreso.

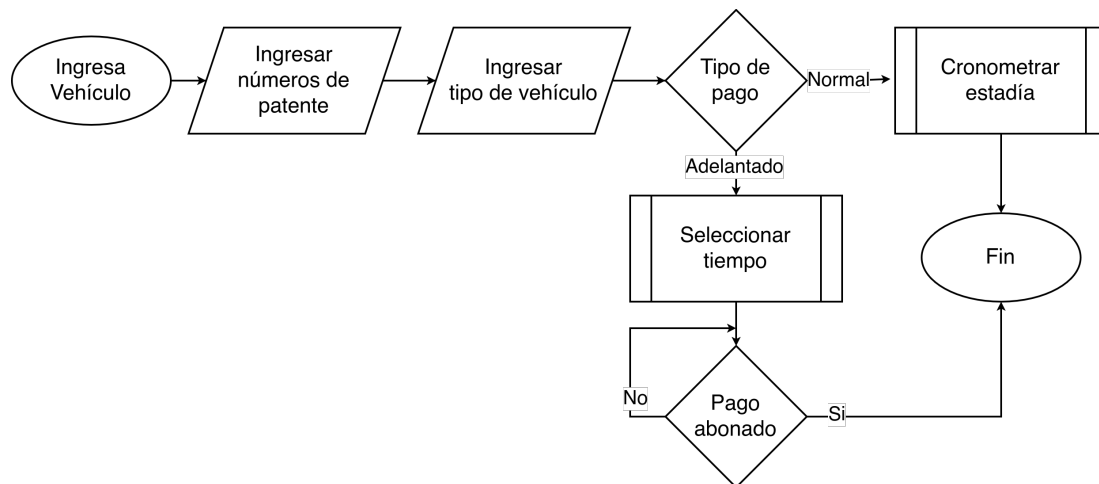


Figura 4: Diagrama de flujo de la entrada de vehículos al estacionamiento

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al proceso de ingreso. El sistema permanece en espera hasta que el operador presiona una tecla, lo que inicia la secuencia de carga de datos. Una vez ingresada toda la información, se guarda en la memoria y se muestra un mensaje de confirmación en pantalla. El vehículo puede ingresar al predio luego de completar este proceso manual.

3.2. Sistema de Salida

El sistema de salida permite registrar el egreso de vehículos y calcular automáticamente el tiempo total de estadía. Para ello, el operador vuelve a ingresar la patente del vehículo a través del teclado. El microcontrolador consulta los datos almacenados, calcula la diferencia de tiempo respecto al momento de ingreso y muestra el resultado en el display.

En la Figura 5 se detalla la lógica del sistema durante el egreso. Una vez que se detecta el ingreso de la patente, el sistema busca en la memoria los datos correspondientes y, si los encuentra, calcula el tiempo total transcurrido y muestra el valor estimado del pago. Finalmente, el operador confirma el egreso y el sistema elimina o marca como finalizada la estadía registrada.

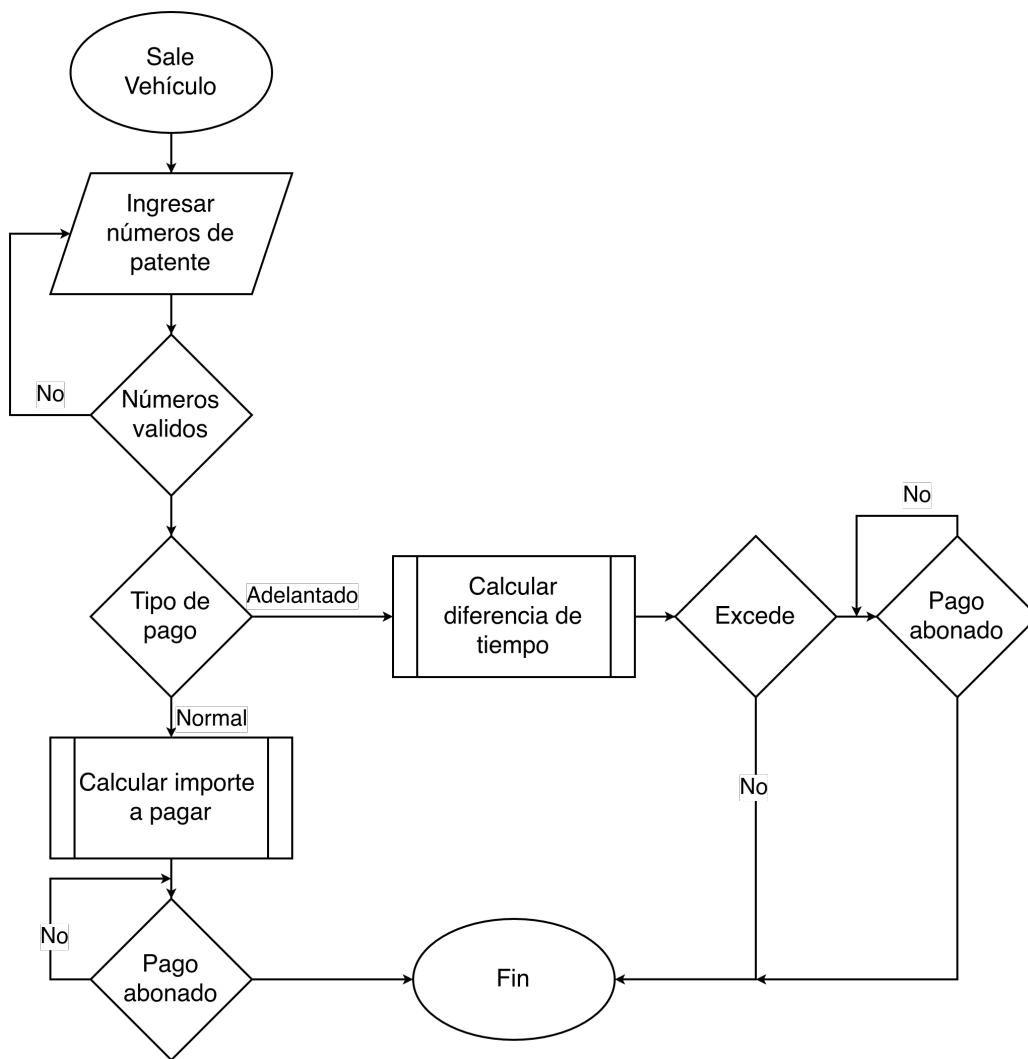


Figura 5: Diagrama de flujo de la salida de vehículos del estacionamiento

4. Especificaciones

El funcionamiento se basa en un esquema de entrada-proceso-salida, donde el usuario ingresa la patente a través de un teclado matricial. La información es procesada por el microcontrolador principal, que se encarga de verificar la validez del dato y, en base a eso, mostrar un mensaje correspondiente en un display LCD. Además, se almacena información relevante en una memoria EEPROM externa, permitiendo el registro persistente de accesos.

Todos los componentes se montan sobre una placa experimental de 15 cm x 9 cm, lo que permite integrar el hardware de forma compacta y ordenada para facilitar el prototipado, la prueba y el mantenimiento del sistema.

Se detallan las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes utilizados:

- **Placa:** se utiliza una **NUCLEO-F103RB** de STMicroelectronics, basada en el microcontrolador ARM Cortex-M3. Esta placa dispone de múltiples pines GPIO, comunicación I²C, SPI, UART y temporizadores necesarios para el manejo de periféricos. También permite programación y depuración a través de STM32CubeIDE.

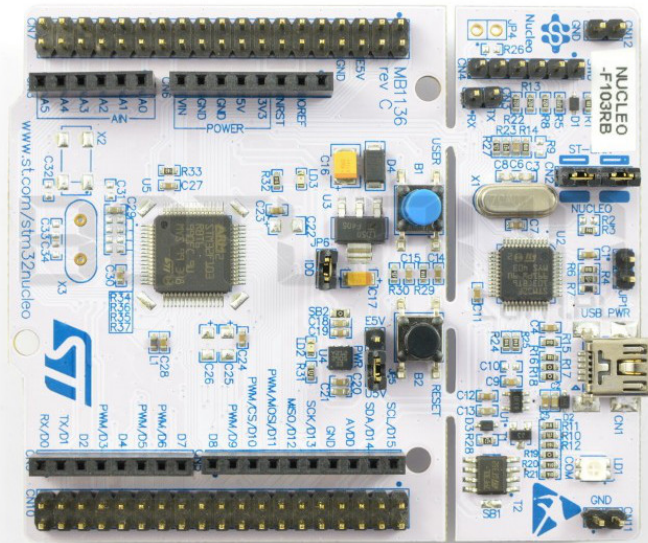


Figura 6: Placa NUCLEO

- **Display:** se utiliza como interfaz de salida visual, para mostrar mensajes de estado, instrucciones para el usuario, y confirmación del ingreso de la patente.



Figura 7: Display LCD

- **Teclado:** es el componente de entrada que permite a los usuarios interactuar con el sistema. Contiene teclas numéricas del 0 al 9, letras A a D, y símbolos '#' y '*'. Será utilizado tanto para el ingreso de patentes como para seleccionar opciones del sistema.



Figura 8: Teclado

- **Memoria:** módulo EEPROM AT24C256 conectado vía bus I²C, con capacidad de 32 kB. Permite el almacenamiento persistente de datos como patentes autorizadas, horarios de accesos y configuraciones.

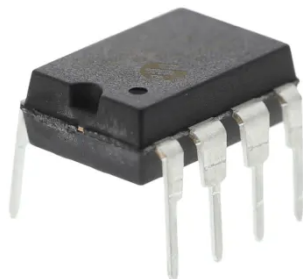


Figura 9: Memoria

- **Soporte de montaje:** todos los componentes se montan sobre una plaqueta experimental de doble faz de 15 cm x 9 cm, material FR4, con el objetivo de facilitar el prototipado, la distribución ordenada de los componentes y el mantenimiento del sistema.

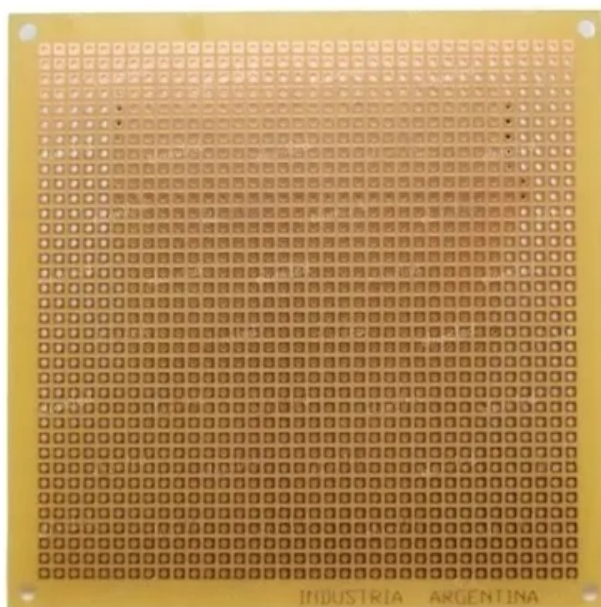


Figura 10: Placa Experimental

- **Fuente de alimentación:** el sistema se alimenta mediante una conexión USB estándar entre la NUCLEO-F103RB y una computadora, suministrando una tensión de 3,3 V a través del convertor interno de la placa. Esta configuración permite tanto la alimentación como la programación del microcontrolador sin necesidad de fuentes externas adicionales.

5. Planificación

En esta sección se divide la totalidad del proyecto en tareas mas pequeñas y se analiza la dependencia entre ellas, además se les asigna el tiempo aproximado que pueden tardar en

completarse, por ultimo se genera un plan de trabajo para poder completar el proyecto de la manera mas eficiente posible.

5.1. Metodologías utilizadas

Durante este proceso se aplicaron herramientas de planificación estructurada y cronograma de actividades, así como enfoques ágiles de organización iterativa, para garantizar una planificación clara, flexible y orientada al cumplimiento de objetivos técnicos y funcionales.

5.2. Proceso de Iniciación

En la figura 11 se presenta el diagrama WBS, donde se desglosan jerárquicamente las tareas y sub-tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto de implementación.

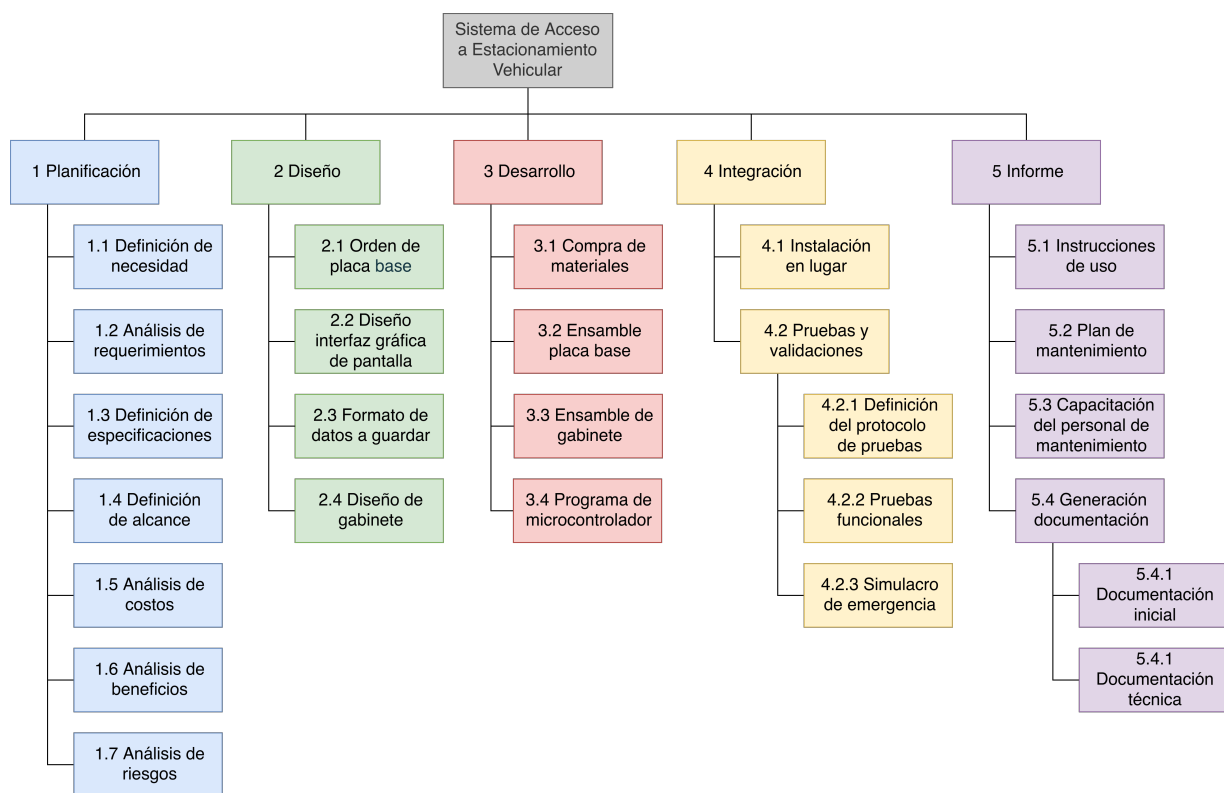


Figura 11: Diagrama WBS

En la figura 12 se muestra el diagrama AON. Este diagrama permite visualizar el orden cronológico de ejecución de cada tarea y facilita la identificación del camino crítico del proyecto, utilizando el tiempo t en días.

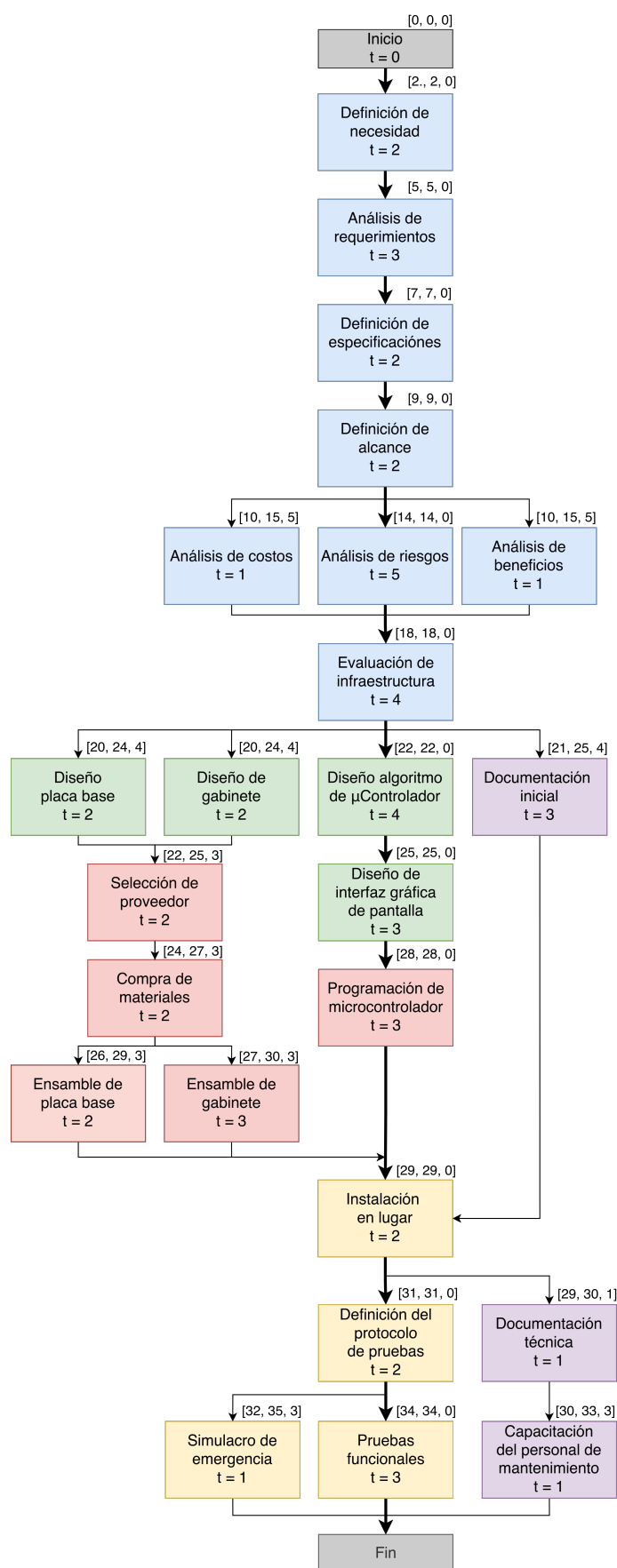


Figura 12: Diagrama AON

En el diagrama AON se incluyen los tiempos característicos de cada actividad entre corchetes $[T1, T2, H]$, donde $T1$ simboliza en tiempo de finalización de la actividad, $T2$ el tiempo de la rama paralela a la actividad que dura mas tiempo, y H el margen de holgura, el cual se calcula como la diferencia entre el tiempo $T1$ y $T2$.

Para determinar el camino critico se toma el camino que no tiene holgura; en el diagrama es el camino que tiene flechas en negrita. Este camino determina el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto, en este caso resultando de 35 días de trabajo.

Actividad	Índice	Descripción	Precedentes	Duración	Holgura
A	1.1	Definición de necesidad	-	1	0
B	1.2	Análisis de requerimientos	A	3	0
C	1.3	Definición de especificaciones	B	2	0
D	1.4	Definición de alcance	C	2	0
E	1.5	Análisis de costos	D	1	5
F	1.7	Análisis de riesgos	D	5	0
G	1.6	Análisis de beneficios	D	1	5
H	-	Evaluación de infraestructura	E, F, G	4	0
I	2.4	Diseño de placa base	H	2	4
J	2.3	Diseño de gabinete	H	3	4
K	-	Diseño algoritmo de microcontrolador	H	4	0
L	2.2	Diseño de interfaz gráfica de pantalla	K	3	0
M	2.1	Diseño de placa base	H	2	4
N	2.5	Diseño de gabinete	H	2	4
O	3.7	Programación de microcontrolador	L	3	0
P	-	Selección de proveedor	M, N	2	3
Q	3.1	Compra de materiales	P	2	3
R	3.4	Ensamble de placa base	Q	2	3
S	3.5	Ensamble de gabinete	Q	3	3
T	4.1	Instalación en lugar	R, S, O, X	2	0
U	4.2.1	Definición del protocolo de pruebas	T	1	0
V	4.2.3	Simulacro de emergencia	U	1	3
W	4.2.2	Pruebas funcionales	U	3	0
X	5.4.1	Documentación inicial	H	3	4
Y	5.4.2	Documentación técnica	T	2	1
Z	5.3	Capacitación del personal	Y	1	3

Tabla 5: Cronograma de actividades con duración y holgura

En la tabla 5, se presenta la tabla CPM, donde se detallan las actividades representadas en el diagrama AON de la figura 12. Cada fila corresponde a un nodo del diagrama, y en las columnas se encuentra una descripción de la actividad, el índice correspondiente a la actividad en el diagrama WBS, en caso de que corresponda; la duración mas probable, y las actividades que le preceden. Esta tabla ayuda a identificar el camino crítico del proyecto.

5.3. Plan de Trabajo

Usando la metodología ágil Scrum, se definió que el equipo trabajará en ciclos (o sprints) de 80 horas de trabajo, implementando funcionalidades del sistema de acceso. Al final de cada sprint, se muestra el avance y se mejora el proceso para el siguiente sprint.

En el contexto del sistema de acceso al estacionamiento, el Product Owner representa a los usuarios que interactúan con dicho sistema, como el dueño y el operador del estacionamiento, ya que está orientado a estos y no al conductor. El Scrum Master coordina con el Product Owner y el equipo de desarrollo para implementar las funcionalidades requeridas, transmitiendo información clave como el tipo de estacionamiento al que está dirigido el sistema. Por su parte, el equipo de desarrollo se encarga del diseño técnico, desarrollo, integración, instalación, pruebas y validaciones del sistema para asegurar su correcto funcionamiento.

5.4. Historias de Usuario

A continuación se definen 10 historias de usuario para expresar en forma simple las funcionalidades que debe tener el sistema de acceso.

1. **Como** operador del sistema, **quiero** poder registrar los datos del vehículo al ingresar, **para** llevar un control preciso de los accesos.
2. **Como** operador, **quiero** que el sistema me permita consultar rápidamente el tiempo de estadía de un vehículo, **para** calcular correctamente el monto a pagar al momento de la salida.
3. **Como** conductor frecuente, **quiero** poder dar mi número de patente y tipo de estadía al operador, **para** ingresar sin complicaciones ni necesidad de registrarme en una app.
4. **Como** operador, **quiero** que el sistema permita clasificar a los vehículos por tipo (auto, camioneta, moto), **para** aplicar la tarifa correspondiente.
5. **Como** visitante, **quiero** responder mis datos al llegar, **para** que el operador los cargue en el sistema sin necesidad de interactuar directamente con una máquina.
6. **Como** administrador del sistema, **quiero** poder ver un listado de ingresos y egresos registrados por los operadores, **para** tener seguimiento de los movimientos del estacionamiento.
7. **Como** responsable de seguridad, **quiero** que el sistema almacene la fecha y hora de cada ingreso y egreso, **para** poder verificar movimientos en caso de incidentes.
8. **Como** técnico de mantenimiento, **quiero** que el sistema indique si hubo fallos en la carga o almacenamiento de datos, **para** poder intervenir y resolver errores rápidamente.
9. **Como** administrador, **quiero** definir franjas horarias para los tipos de estadía permitidos, **para** evitar ingresos fuera del horario habilitado.
10. **Como** operador, **quiero** utilizar el teclado para ingresar patentes y tipos de vehículo, y que el display confirme la operación, **para** trabajar con mayor seguridad y velocidad.

En la tabla 6 se muestran las historias de usuario ordenadas de mayor a menor prioridad de acuerdo con las actividades que tienen un impacto directo sobre el usuario final, las intermedias agregan flexibilidad al sistema, y las últimas son técnicas o administrativas.

Prioridad	Historia de Usuario (resumen)	Valor de negocio	Estimación [hs]
1	Registrar los datos del vehículo al ingresar	5	5
2	Consultar el tiempo de estadía al egreso	5	4
3	Clasificar vehículos por tipo para aplicar tarifas	4	4
4	Ingreso fluido para conductor frecuente con solo dar la patente	4	3
5	Ingreso del visitante respondiendo verbalmente	4	3
6	Ingreso de datos por teclado y confirmación por pantalla	3	5
7	Ver listado de ingresos y egresos	3	6
8	Registro de fecha y hora para control de seguridad	3	4
9	Definir franjas horarias por tipo de estadía	2	5
10	Indicar errores de carga o almacenamiento de datos	2	3

Tabla 6: Tabla de User Stories

5.5. Planificación de Scrum

Para llevar a cabo el desarrollo del Scrum, se definen reuniones diarias (Daily Scrum) que involucren al equipo de desarrollo, a la misma hora y en el mismo lugar, o por el mismo medio, con el objetivo de que todos los integrantes del equipo se sincronicen en el estado del trabajo. Al finalizar cada Sprint se realiza una reunión en la que participan todos los equipos (Product Owner, Scrum Master y Equipo de Desarrollo) en esta reunión se analiza todo el trabajo realizado durante el sprint y el progreso avanzado en el proyecto, también se analiza aspectos positivos y negativos que ocurrieron en el sprint.

5.6. Primer Sprint

Para el primer sprint se define como *Sprint Goal* implementar la primera versión funcional del sistema de registro de acceso vehicular operado manualmente, permitiendo que el operador pueda ingresar los datos del vehículo mediante el teclado, y consultar en pantalla la confirmación de ingreso y la duración de estadía.

ID	Historia de Usuario	Tareas
US01	Como operador del sistema, quiero poder registrar los datos del vehículo al ingresar, para llevar un control preciso de los accesos.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Programar ingreso de patente mediante teclado 4x4. ■ Almacenar los datos en memoria EEPROM. ■ Confirmar registro exitoso en el display LCD.
US02	Como operador, quiero que el sistema me permita consultar rápidamente el tiempo de estadía de un vehículo, para calcular correctamente el monto a pagar al momento de la salida.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Calcular diferencia entre hora de ingreso y hora actual. ■ Mostrar tiempo transcurrido en pantalla al consultar una patente. ■ Validar que el cálculo esté vinculado a datos almacenados.
US03	Como operador, quiero que el sistema permita clasificar a los vehículos por tipo (auto, camioneta, moto), para aplicar la tarifa correspondiente.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Permitir seleccionar tipo de vehículo con teclas predefinidas. ■ Asociar tipo de vehículo a la patente ingresada. ■ Guardar esta clasificación junto con los datos del ingreso.
US04	Como conductor frecuente, quiero poder dar mi número de patente y tipo de estadía al operador, para ingresar sin complicaciones ni necesidad de registrarme en una app.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definir flujo de ingreso simplificado para patentes frecuentes. ■ Registrar tipo de estadía (horaria, mensual) con opciones rápidas. ■ Confirmar el ingreso con mensaje específico en pantalla.
US05	Como visitante, quiero responder verbalmente mis datos al llegar, para que el operador los cargue en el sistema sin necesidad de interactuar directamente con una máquina.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Establecer el flujo básico para ingreso no registrado. ■ Validar que los datos puedan ser ingresados y almacenados como "temporal". ■ Etiquetar el acceso como visita ocasional en memoria.

Tabla 7: Sprint Backlog del primer sprint

5.7. Segundo Sprint

Para el segundo sprint se define como *Sprint Goal* complementar las funcionalidades del sistema con herramientas de control, seguridad y administración, incluyendo la consulta de registros, control horario y detección de errores, orientado a la estabilidad y trazabilidad del funcionamiento.

ID	Historia de Usuario	Tareas
US06	Como operador, quiero utilizar el teclado para ingresar patentes y tipos de vehículo, y que el display confirme la operación, para trabajar con mayor seguridad y velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Implementar menú interactivo en pantalla LCD para feedback visual. ■ Confirmar cada acción con mensajes breves ("Patente registrada", "Tipo guardado"). ■ Manejar errores de ingreso con mensajes como "Patente inválida".
US07	Como administrador del sistema, quiero poder ver un listado de ingresos y egresos registrados por los operadores, para tener trazabilidad de los movimientos del estacionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Programar visualización secuencial de registros guardados en EEPROM. ■ Permitir navegar entre registros con teclas especiales. ■ Agregar fecha/hora básica al momento del ingreso/egreso.
US08	Como responsable de seguridad, quiero que el sistema almacene la fecha y hora de cada ingreso y egreso, para poder verificar movimientos en caso de incidentes.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Incorporar marca de tiempo en cada evento guardado. ■ Validar integridad de los datos registrados en memoria. ■ Asegurar persistencia luego de reinicio del sistema.
US09	Como administrador, quiero definir franjas horarias para los tipos de estadía permitidos, para evitar ingresos fuera del horario habilitado.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definir horarios permitidos según tipo de estadía (por código). ■ Verificar hora del sistema al momento de registrar el ingreso. ■ Bloquear o advertir al operador si el ingreso no está permitido.
US10	Como técnico de mantenimiento, quiero que el sistema indique si hubo fallos en la carga o almacenamiento de datos, para poder intervenir y resolver errores rápidamente.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Detectar errores de escritura en EEPROM (confirmación tras escritura). ■ Generar mensajes de error ante fallos y mostrarlos por pantalla. ■ Registrar eventos de error para análisis posterior.

Tabla 8: Sprint Backlog del segundo sprint

5.7.1. Historia de usuario desarrollada

Se elige la historia de usuario US01, la cual dice "**Como** operador del sistema, **quiero** poder registrar los datos del vehículo al ingresar, **para** llevar un control preciso de los accesos". Esta historia es ideal porque representa el núcleo funcional del sistema implementado, involucra la interacción con todos los componentes principales (teclado, microcontrolador, pantalla y memoria) y es el punto inicial para cualquier operación posterior como cálculo de estadía, aplicación de tarifas o trazabilidad.

Tarea 1

- **Qué:** Permitir al operador ingresar la patente del vehículo.
- **Cómo:** Mediante el uso del teclado 4x4, donde cada tecla representa un dígito o letra válida de patente.
- **Para:** que el sistema pueda identificar al vehículo durante su permanencia en el estacionamiento.

Tarea 2

- **Qué:** Confirmar visualmente que los datos fueron ingresados correctamente.
- **Cómo:** Mostrando en el display LCD la patente digitada y un mensaje de confirmación.
- **Para:** reducir errores y permitir al operador corregir en caso necesario antes de almacenar.

Tarea 3

- **Qué:** Registrar el tipo de vehículo ingresado.
- **Cómo:** Mediante una selección en el teclado, con teclas predefinidas para auto, camioneta, moto o bicicleta.
- **Para:** aplicar correctamente las tarifas según el tipo de vehículo.

Tarea 4

- **Qué:** Almacenar los datos ingresados en la memoria EEPROM.
- **Cómo:** Guardando la patente, tipo de vehículo y hora de ingreso en un bloque de memoria específico.
- **Para:** que la información persista incluso si el sistema se reinicia o se apaga.

Tarea 5

- **Qué:** Confirmar el éxito del registro al operador.
- **Cómo:** Mostrando un mensaje de éxito en el display luego del guardado.
- **Para:** asegurar que el operador sepa que el ingreso fue procesado correctamente y evitar repeticiones.

5.7.2. Cronograma de la primer semana

En la tabla 9 se muestra un plan de las tareas y objetivos planificados para la primer semana del primer sprint, aplicadas a la historia de usuario seleccionada. Estas tareas están planificadas para el equipo de desarrollo.

Día	Tarea	Objetivo
Lunes	Diseño del flujo de ingreso de patente y datos del vehículo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definir estructura de datos a registrar ■ Establecer formato de ingreso por teclado ■ Asignar tareas individuales del equipo
Martes	Programación del ingreso de datos por teclado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Codificar rutina para capturar la patente ■ Capturar tipo de vehículo desde el teclado ■ Mostrar datos ingresados por LCD para confirmación
Miércoles	Almacenamiento en memoria EEPROM	<ul style="list-style-type: none"> ■ Programar rutina de escritura de datos ■ Validar que los datos persistan correctamente ■ Manejar errores de escritura
Jueves	Diseño y prueba del flujo de validación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verificar que los datos ingresados sean válidos ■ Implementar mensajes de éxito o error en pantalla ■ Simular varios casos de uso
Viernes	Pruebas de integración y ajustes finales	<ul style="list-style-type: none"> ■ Probar todo el flujo de ingreso de datos de punta a punta ■ Verificar funcionamiento en placa real ■ Documentar avances y mejoras pendientes

Tabla 9: Calendario de reuniones Daily Scrum – Sprint 1

6. Riesgos Técnicos y Estimación de Tiempos

6.1. Identificación y Análisis de Riesgos Técnicos

Se identifican los principales riesgos que pueden ocurrir en el proyecto y se define el Risk Priority Number (RPN) para cada uno, de la siguiente forma:

$$RPN = P * I * (1 - D) \quad (1)$$

Donde P es la probabilidad de que ocurra ese riesgo, I el impacto (entre 0 y 1, siendo 1 mayor impacto y 0 menor) y D la probabilidad de detección del mismo.

La probabilidad de que el evento ocurra representa la frecuencia esperada del evento basado en factores técnicos (complejidad, tecnología utilizada), contexto operativo (ambiente, condiciones externas) y evidencia histórica (datos de incidentes pasados). En este caso, se asignaron las probabilidades de la siguiente forma

Rango de probabilidad	Etiqueta	Interpretación
91 % - 100 %	Siempre	Ocurrirá en todas las implementaciones
71 % - 90 %	Frecuentemente	Ocurrirá en la mayoría de escenarios
41 % - 70 %	Ocasionalmente	Ocurrirá en algunas situaciones
11 % - 40 %	Raramente	Ocurrirá en contadas ocasiones
0 % - 10 %	Nunca	Prácticamente imposible

Tabla 10: Rangos de probabilidad e interpretación

El nivel de impacto evalúa la gravedad de las consecuencias si el riesgo se materializa. Se enfoca en efectos críticos como interrupción de servicios, pérdida de datos, daños físicos; en áreas afectadas, como la funcionalidad del sistema, la seguridad de usuarios y los costos económicos; y en la reputación organizacional. Asignamos el nivel de impacto de la siguiente forma:

Nivel de impacto	Rango de impacto	Descripción
Alto	0.7 - 1.0	Fallo catastrófico (interrupción total, daños irreversibles).
Medio	0.4 - 0.6	Alteración significativa (retrasos operativos, costos adicionales).
Bajo	0.0 - 0.3	Molestia menor (recuperación rápida).

Tabla 11: Clasificación del impacto según nivel y rango

El nivel de Riesgo es un indicador que relaciona la probabilidad de que ocurra con el impacto a partir de:

$$\text{Nivel de Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Impacto} \quad (2)$$

Los valores obtenidos se interpretan de la siguiente forma:

La probabilidad de detección, es la probabilidad de detectar el riesgo antes de que cause daños, en este caso se definió como 0.0, para el caso de que el riesgo sea indetectable y 1.0 para el caso de que el riesgo se puede detectar siempre.

Nivel de riesgo	Rango (puntos)
Alto	0.71 - 1.00
Medio	0.31 - 0.70
Bajo	0.00 - 0.30

Tabla 12: Umbrales para el nivel de riesgo

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en la tabla 13 se identifican 6 riesgos que pueden ocurrir en el proyecto, y se les asignó una probabilidad de ocurrencia y detección, el nivel de impacto y se calculó el nivel de riesgo con la fórmula de la ecuación 2.

Descripción	Prob. ocurrencia	Prob. detección	Impacto	Nivel de riesgo
Error del operario al ingresar datos	60 %	0.5	0.8	Media
Más de 6 vehículos con la misma patente	40 %	0.6	0.7	Media
Falla en el cálculo del tiempo de estadía	30 %	0.4	0.9	Media
Reinicio inesperado del microcontrolador	20 %	0.7	0.8	Media
Pérdida de datos ante corte eléctrico sin respaldo	80 %	0.9	0.6	Alta
Falla en la lectura o escritura de memoria EEPROM	35 %	0.7	0.7	Media

Tabla 13: Cálculo del nivel de riesgo de los riesgos detectados

A partir de las variables obtenidas, se calcula el RPN mediante la fórmula de la ecuación 1 y en la tabla 14 se presentan los mismos riesgos detectados anteriormente, con el correspondiente RPN calculado y un posible plan de mitigación.

Descripción	RPN	Plan de mitigación
1. Pérdida de datos ante corte eléctrico sin respaldo	0.432	Incorporar una batería de respaldo (UPS) para el microcontrolador o guardar datos parciales en EEPROM tras cada operación.
2. Error del operario al ingresar datos	0.240	Implementar validación automática del formato de patente y mensajes de confirmación claros en pantalla. Capacitación básica.
3. Falla en la lectura o escritura de memoria EEPROM	0.172	Validar cada escritura y lectura con doble chequeo. Usar bloques de respaldo alternativos.
4. Más de 6 vehículos con la misma patente	0.168	Agregar control de duplicados en memoria. Incluir advertencia en pantalla si se detecta repetición sospechosa.
5. Reinicio inesperado del microcontrolador	0.112	Utilizar watchdog timer, capacitores de desacoplo y validar la fuente de alimentación USB.
6. Falla en el cálculo del tiempo de estadía	0.108	Verificar la rutina de cálculo con pruebas unitarias. Asegurar que la hora esté correctamente registrada en el ingreso.

Tabla 14: Riesgos con RPN y Planes de Mitigación

El RPN es útil para ver qué riesgos deberían priorizarse por sobre otros. En este caso, observando los resultados de los riesgos detectados, se definió el orden de prioridad de mayor a menor RPN de la forma:

1. **Pérdida de datos ante corte eléctrico sin respaldo**
2. **Error del operario al ingresar datos**
3. **Falla en la lectura o escritura de memoria EEPROM**
4. **Más de 6 vehículos con la misma patente**
5. **Reinicio inesperado del microcontrolador**
6. **Falla en el cálculo del tiempo de estadía**

6.2. Impacto de los riesgos técnicos en el cronograma

En la tabla 15 se describe cómo podría afectar cada riesgo técnico al cronograma de trabajo en caso de materializarse. Se incluyen las tareas asociadas, el impacto estimado en días, y una evaluación cualitativa del efecto sobre la planificación general.

Riesgo técnico	Tarea afectada en el cronograma	Impacto en caso de ocurrencia	Demora estimada
Pérdida de datos ante corte eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pruebas funcionales ■ Registro de datos en EEPROM 	Se pierden registros críticos. Requiere validación del uso de memoria no volátil o implementación de UPS	1 día
Error del operario al ingresar datos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diseño del flujo de ingreso ■ Validación del teclado ■ Pruebas funcionales 	Ingresos incorrectos de patente o datos de vehículo. Requiere mejoras en validación y corrección de interfaz	2 días
Reinicio inesperado del microcontrolador	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ensamble electrónico ■ Programación de firmware 	Interrupciones del sistema en medio del uso. Requiere revisión eléctrica o uso de watchdog timer	2 días
Falla en la lectura o escritura de memoria EEPROM	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestión de almacenamiento ■ Pruebas de persistencia de datos 	Inconsistencias en registros. Requiere prueba de bloques alternativos y validación de escritura	2 días
Falla en el cálculo del tiempo de estadía	<ul style="list-style-type: none"> ■ Programación del μC ■ Algoritmo de tiempo 	Cobros incorrectos o rechazo del sistema. Se requiere depurar la lógica y realizar pruebas unitarias	2 días
Múltiples vehículos con la misma patente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Control de ingreso ■ Lógica de unicidad de datos 	Duplicación de registros. Requiere control en firmware para evitar repeticiones sospechosas	2 días

Tabla 15: Análisis de riesgos técnicos en el cronograma

6.2.1. Diagrama de Gantt

En el diagrama de Gantt de la figura 13 se aprecian los tiempos estimados para cada actividad o hito del diagrama WBS visto anteriormente (figura 11). Los hitos precedidos por un asterisco (*) hacen referencia a los hitos en los cuales pueden detectarse alguno de los riesgos identificados anteriormente, por lo que se puede que ocurra un retraso.

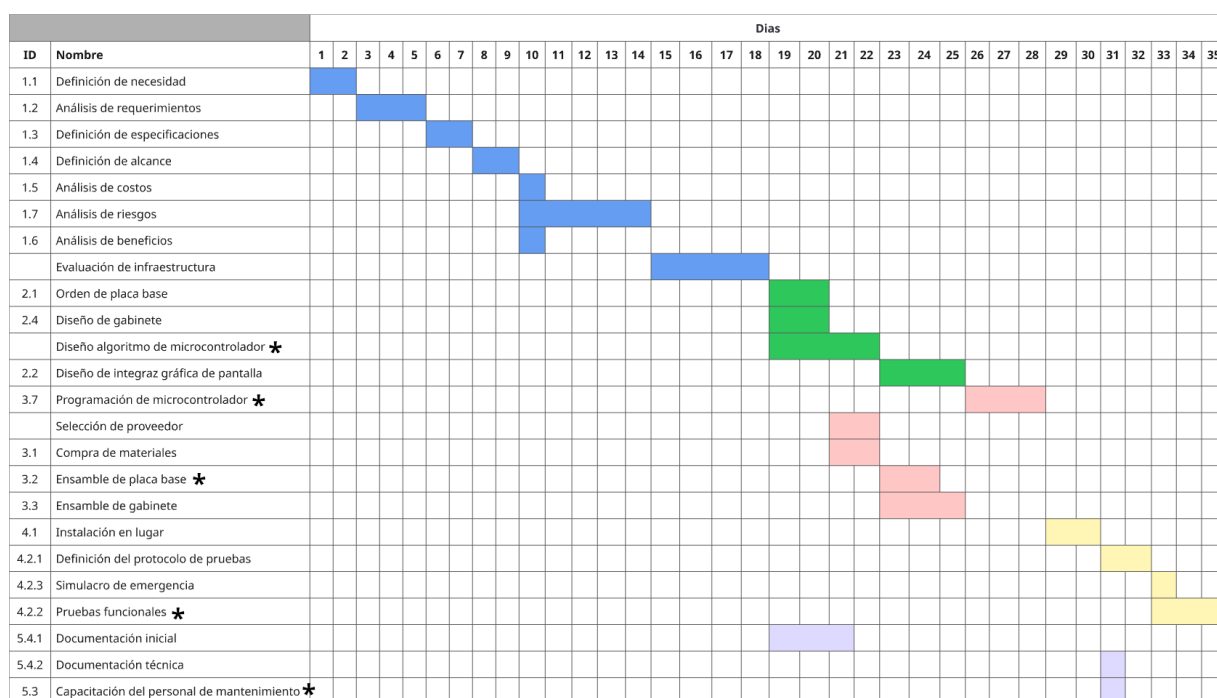


Figura 13: Diagrama de Gantt

7. Gestión Económica

7.1. Clasificación de costos

Se dividen los costos en costos directos y costos indirectos, según su relación con la ejecución directa del proyecto.

7.1.1. Costos Directos

En la tabla 16 se muestran los costos que están directamente relacionados con el desarrollo e implementación de la solución técnica.

Categoría	Descripción	Ejemplos
Hardware	Componentes electrónicos utilizados en la implementación física del sistema	Microcontrolador (NUCLEO-F103RB), LCD 16x2, teclado 4x4, Memoria externa, placa experimental
Montaje físico	Ensamble y soldadura de componentes, distribución sobre la placa	Cables, estaño, herramientas, soporte físico
Fuente de alimentación	Alimentación de la placa desde la PC o fuente externa	Cable USB
Instalación	Mano de obra para montaje de componentes	Electricistas, técnicos, configuradores

Tabla 16: Costos directos por categoría

7.1.2. Costos Indirectos

En la tabla 17 se muestran los costos que no se aplican directamente a una tarea puntual, pero son necesarios para que el proyecto funcione.

Categoría	Detalle técnico	Ejemplos
Mano de obra general	Trabajo del equipo de desarrollo, planificación y pruebas	Codificación del firmware, depuración, pruebas de validación
Licencias y software	Herramientas utilizadas durante el desarrollo	STM32CubeIDE, bibliotecas HAL, ITEMIS Create
Mantenimiento	Costos estimados post-entrega	Soporte, reparaciones, actualizaciones
Administración	Coordinación del proyecto, gestión de documentación	Planificación, seguimiento, presentación

Tabla 17: Costos indirectos asociados al desarrollo del sistema

7.2. Aplicación de Principios Contables

7.2.1. Principio de devengo

Se deben contabilizar los costos cuando se incurre en ellos, independientemente de cuándo se paga.

Aplicación al proyecto: Si se compran sensores en abril pero se pagan en mayo, el costo debe asignarse a abril, cuando se incorporan al sistema.

7.2.2. Período de competencia

Cada costo se asigna al período en el que se utiliza, no al período de compra o pago.

Aplicación al proyecto: El servicio de servidor en la nube usado durante las pruebas debe contabilizarse solo por el mes en que se ejecutan las pruebas, no por el total contratado.

7.2.3. Acumulación de costos

Los costos deben sumarse progresivamente conforme avanza el proyecto, tarea por tarea.

Aplicación al proyecto: A medida que se avanza con tareas del WBS (ej: desarrollo, pruebas, instalación), los costos se van agregando por fase.

7.3. Cost Breakdown Structure (CBS)

El presupuesto preliminar presentado en la estructura CBS (tabla 18) permite visualizar de manera clara y jerárquica la distribución de los costos del proyecto. La mayor parte de la inversión se concentra en componentes de hardware, mano de obra técnica y desarrollo de software, lo cual es coherente con la naturaleza tecnológica del sistema propuesto.

ID	Partida	Descripción	Tipo	Estim. (\$)
1	Hardware	Componentes físicos del sistema electrónico	Directo	42.000
1.1	Placa de desarrollo	NUCLEO-F103RB con microcontrolador integrado	Directo	15.000
1.2	Display LCD	Pantalla LCD 16x2 para interfaz visual	Directo	5.000
1.3	Teclado matricial	Teclado membrana 4x4 como entrada de usuario	Directo	4.000
1.4	Memoria EEPROM	Módulo AT24C256 vía I ² C	Directo	3.000
1.5	Plaqueta experimental	PCB 15x9 cm doble faz, cables, zócalos, etc.	Directo	10.000
1.6	Fuente de alimentación	Cable USB	Directo	5.000
2	Infraestructura	Servicios y materiales de instalación	Directo	5.000
2.1	Cableado e instalación	Cableado general, soldadura y conexiones internas	Directo	5.000
3	Mano de obra	Trabajo del equipo de desarrollo, montaje y pruebas	Indirecto	80.000
3.1	Desarrollo y documentación	Diseño, planificación, programación, informes	Indirecto	50.000
3.2	Ensamble e integración	Instalación física, pruebas funcionales y ajustes	Indirecto	30.000
4	Licencias de software	IDEs, librerías externas, drivers y herramientas	Indirecto	5.000
Total estimado				132.000

Tabla 18: Cost Breakdown Structure (CBS)

Los costos estimados en la estructura CBS consideran el momento en que se incurren durante el desarrollo del proyecto, respetando el cronograma general y los hitos definidos. Esto permite analizar no solo el monto total, sino también cuándo deben estar disponibles los recursos económicos, facilitando la gestión del flujo de fondos y la planificación financiera.

Este desglose facilita no solo la planificación económica, sino también la posterior evaluación de desvíos y la asignación de recursos. Además, permite vincular cada partida con las tareas correspondientes del cronograma, asegurando consistencia entre tiempos, riesgos y costos. Se utilizaron estimaciones razonables y criterios contables adecuados para garantizar una proyección realista y estructurada del costo total del proyecto.

8. Conclusiones

El sistema propuesto representa una solución eficiente, moderna y adaptable para la gestión de accesos en estacionamientos vehiculares. Contempla múltiples problemáticas reales y prevé respuestas técnicas apropiadas para cada caso. Su implementación no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también permite una gestión más rentable y ordenada del servicio.

9. Fuentes

- Enrique Villamil García y Miguel J. García Hernández, 2003, INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE INGENIERÍA, Argentina, UBA, UTN, UPC.
- Wikipedia contributors. (2024). Diagrama de flujo. Wikipedia, La enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo
- Wikipedia contributors. (2025, March 9). Project network. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Project_network
- Wikipedia contributors. (2025, March 20). Work breakdown structure. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Work_breakdown_structure
- Megalux Parking. (2016). Manual de uso Megalux Última Generación Fiscal. Megalux Parking. <https://www.megaluxparking.com.ar>