



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

---

Universidad de Buenos Aires

# Sistema de monitoreo remoto de estaciones de telefonía celular

Autor:

José Ramón Castiñeiras

Director:

Esp. Ing. Emilio Moretti (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 25 de agosto de 2020 y el 24 de Agosto de 2021.*

## Índice

Registros de cambios . . . . .	3
Acta de constitución del proyecto. . . . .	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
Identificación y análisis de los interesados. . . . .	6
1. Propósito del proyecto . . . . .	6
2. Alcance del proyecto . . . . .	6
3. Supuestos del proyecto. . . . .	7
4. Requerimientos . . . . .	7
Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ) . . . . .	8
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	8
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	9
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	10
8. Diagrama de Gantt. . . . .	11
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	11
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	13
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	13
12. Gestión de riesgos . . . . .	14
13. Gestión de la calidad . . . . .	15
14. Comunicación del proyecto . . . . .	15
15. Gestión de compras . . . . .	15
16. Seguimiento y control. . . . .	15
17. Procesos de cierre . . . . .	16

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	27/08/2020
1.1	Carga inicial	03/09/2020
1.2	Se completa hasta punto 6	06/09/2020
1.3	Se agrega Dir. de Proyecto e Historias de usuario iniciales	12/09/2020

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de agosto de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. José Ramón Castiñeiras que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo remoto de estaciones de telefonía celular”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema de monitoreo remoto de estaciones de telefonía celular, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$2000 dólares americanos; con fecha de inicio 25 de agosto de 2020 y fecha de presentación pública 22 de diciembre de 2021.

Se adjunta a este acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Luis Parra  
Tower One Wireless

Esp. Ing. Emilio Moretti  
Director del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto tiene como objetivo el de diseñar un sistema de monitoreo de estaciones remotas. Actualmente no se dispone de este tipo de solución y se prevé la implementación gradual de la misma una vez testeado el prototipo. Se pretende disponer de este sistema de bajo costo al inicio de la obra y dejarlo permanente, facilitando a su vez el seguimiento de la obra civil. El sistema propuesto está pensado para poder realizar un seguimiento de eventos y monitoreo remoto del sitio, registrando:

- Fotografías de la torre periódicas y a solicitud permitiendo visualizar estado general de las estructuras.
- Registro de accesos, (fotografía), lector de RFID.
- Registro de cortes de energía eléctrica.
- Registro de condiciones ambientales como humedad y temperatura.
- Envío de alerta ante intrusiones (a definir SMS/Email).
- Opcional – Alarma sonora.
- Opcional – Apertura de puerta por candado bluetooth.

En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema propuesto.

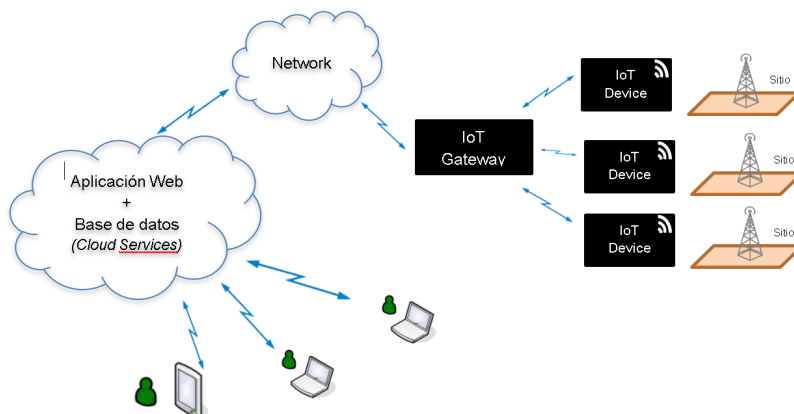


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Ing. Luis Parra	Tower One Wireless	COO
Cliente	Ing. Luis Parra	Tower One Wireless	COO
Impulsor	Alejandro Ochoa	Tower One Wireless	CEO
Responsable	José Ramón Castiñeiras	FIUBA	Alumno
Colaboradores	-	-	-
Orientador	Esp. Ing. Emilio Moretti	FIUBA	Director Trabajo final
Equipo	Matias Ventura — Paula Zanetti	-	-
Opositores	-	-	-
Usuario final	-	-	-

Características de stakeholders:

- Auspiciante: Suele demorar en responder ante solicitud de provisión de detalles.
- Impulsor: Es exigente en cuanto a plazos de entrega.
- Equipo: Paula Zanetti. Puede colaborar aunque tiene tiempo escaso en su agenda.
- Equipo: Matias Ventura. Ayuda en desarrollo web y aspectos técnicos.

## 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema IoT deberá permitir realizar un seguimiento y controles de la obra civil, eléctrica y metalmecánica, mediante toma de fotografías y registro de eventos en sitios remotos donde se emplaza una estación de telefonía celular.

## 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye el desarrollo de los siguientes componentes:

- Hardware:** Un prototipo basado en raspberry Pi4, el cual deberá almacenar la información obtenida por sensores y cámara en caso de no tener conexión a internet. Al momento de conectarse a internet, deberá hacer una carga de los datos a la infraestructura Cloud.
- Software:** Un desarrollo en 3 capas residente en infraestructura Cloud a definir (AWS/Azure/GCP) siendo una aplicación de backend que procese los datos obtenidos y los almacene en una base de datos. El usuario accederá por una aplicación front-end a efectos de poder visualizar la información en un dashboard. El presente proyecto no incluye la fabricación en serie del dispositivo final para ser emplazado en los sitios.

### 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se suponen los siguientes:

- Supuesto 1: Se dispone del hardware necesario para hacer el prototipo.
- Supuesto 2: El cliente provee suficiente detalle para poder realizar el desarrollo acorde a sus necesidades.
- Supuesto 3: Se dispone de acceso a infraestructura Cloud para hosting del software y datos.
- Supuesto 4: No hay restricciones para instalar este tipo de hardware en los sitios remotos.
- Supuesto 5: No habrá cuestiones de fuerza mayor que impidan desarrollar el presente proyecto.

### 4. Requerimientos

#### 1. Grupo de requerimientos asociados con dispositivo hardware:

- 1.1. Alimentación eléctrica a 220 V / 50 Hz / conector tipo C / I para el prototipo de test.
- 1.2. Carcaza resistente a humedad y polvo, dado que estará en intemperie.
- 1.3. Conector a paquete de baterías con una autonomía de al menos 2 horas.

#### 2. Grupo de requerimientos asociados con software

- 2.1. Acceso a la información a través de un [portal web disponible en internet.
- 2.2. Acceso a la aplicación basada en roles (Admin, usuario) con autenticación por API con Azure o similar.
- 2.3. Acceso a la información de cada sitio asignable por perfiles de usuario.
- 2.4. Envío de alertas por SMS y/o email a elección del usuario.
- 2.5. Almacenamiento de datos históricos por 5 años.

## Historias de usuarios (*Product backlog*)

ID	Hist. de Usuario	Crit. Aceptación	Prior.	Pond.
HU1	COMO Jefe de Operaciones QUIERO Visualizar Estado de las estaciones PARA Detectar anomalías		1	5
HU2	COMO Jefe de Operaciones QUIERO Recibir Alertas por SMS/EMail PARA Enviar un Ing. de Campo/FFSS de ser preciso		2	5
HU3	COMO Gerente de Operaciones QUIERO Visualizar fotos de avances de Obra PARA Validar pagos de avance de Obra		4	5
HU4	COMO CEO QUIERO Ver el estado general de las estaciones PARA Poder informar a inversores		2	5
HU5	COMO COO QUIERO Ver listado de ingresos a las estaciones PARA Controlar actividades de Ing. de Campo		1	5
HU6	COMO Jefe de Operaciones QUIERO Agregar Estaciones al sistema PARA Monitoreo de eventos		1	3
HU7	COMO Jefe de Operaciones QUIERO Poder suspender envío de alertas PARA Permitir ventana de Mantenimiento		1	3
HU7	COMO Jefe de Operaciones QUIERO Poder crear usuarios en el sistema PARA Permitir acceso a información		3	3

## 5. Entregables principales del proyecto

Lista de entregables preliminar:

- Prototipo hardware IoT.
- Manual de uso perfil usuario y Administrador.
- Sitio web con los datos del prototipo.
- Diagrama esquemático de la parte hardware para ser fabricado en serie.



- Código fuente de la aplicación.
- Diagrama de instalación.
- Informe final.

## 6. Desglose del trabajo en tareas

### 1. Planificación

- 1.1. Definición de alcance (8 hs)
- 1.2. Identificación de stakeholders (12 hs)
- 1.3. Documentación (8 hs)

### 2. Análisis

- 2.1. Requerimientos funcionales y no funcionales (24 hs)
- 2.2. Identificación de actores primarios y secundarios (8 hs)
- 2.3. Casos de Uso/Hist. usuario (24 hs)
- 2.4. Diagramas UML (24 hs)

### 3. Capacitación

- 3.1. Aprendizaje Cloud Services (40 hs)
- 3.2. Aprendizaje Desarrollo web (40 hs)
- 3.3. Aprendizaje Base de datos (20 hs)
- 3.4. Aprendizaje Redes (16 hs)

### 4. Arquitectura

- 4.1. Investigación de arquitecturas (16 hs)
- 4.2. Evaluación de alternativas (8 hs)
- 4.3. Documentación de alternativa seleccionada (4 hs)

### 5. Diseño

- 5.1. Diseño hardware IoT (30 hs)
- 5.2. Carcaza (12 hs)
- 5.3. Diseño Software (24 hs)
- 5.4. Codificación / Ejecución
  - 1) Programación Front-end (30 hs)
  - 2) Programación Backend (30 hs)
  - 3) Programación Base de datos (16 hs)
  - 4) Configuración infraestructura de cloud (16 hs)
  - 5) Validación de seguridad OWASP (16 hs)

- 6) Compra Hardware y accesorios (8 hs)
- 7) Compra certificado digital, dominio, Cloud services (16 hs)

#### 5.5. Integración

- 1) Conexión de componentes (16 hs)
- 2) Troubleshooting (8 hs)

#### 5.6. Validación

- 1) Testing alfa (12 hs)
- 2) Testing beta (12 hs)
- 3) Stress Testing (8 hs)

#### 5.7. Entrega

- 1) Manuales de usuarios (12 hs)
- 2) Capacitación de usuarios (20 hs)
- 3) Seguimiento inicial (12 hs)

#### 5.8. Gestión de Proyecto

- 1) Documentación de proyecto (20 hs)
- 2) Seguimiento con director de proyecto (20 hs)
- 3) Cierre de proyecto (20 hs)

Cantidad total de horas: (612 hs)

## 7. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

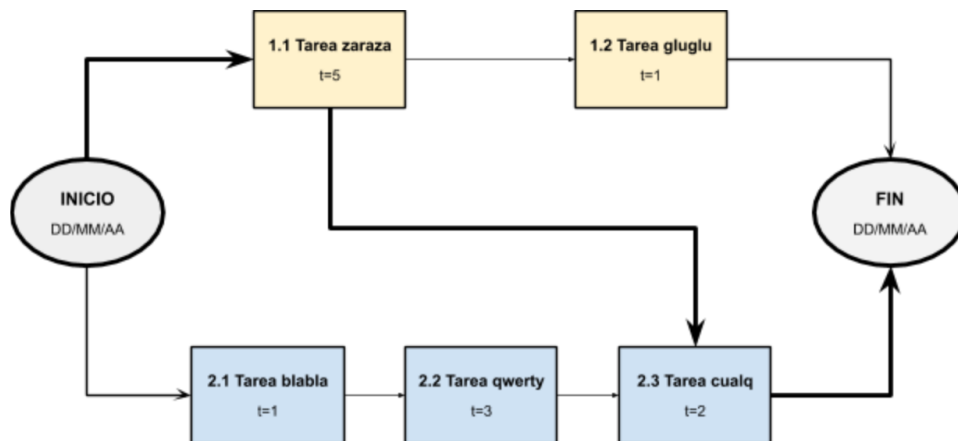


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:

## 8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Ganttter for Google Drive o alguno similar para dibujar el diagrama de Gantt.

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre las cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:  
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.  
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*  
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).  
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.  
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

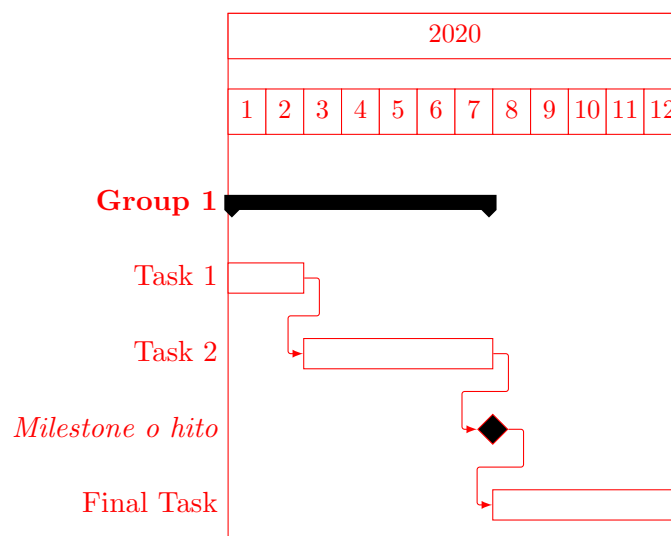


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Página 12 de 16

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

**IMPORTANTE:** No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable José Ramón Castiñeiras	Orientador Esp. Ing. Emilio Moretti	Equipo Nombre de alguien	Cliente Ing. Luis Parra

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

## 12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como  $RPN=S \times O$ )

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

### 13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.

Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc.

### 14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

### 15. Gestión de compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

### 16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1	Fecha de inicio	Única vez al comienzo	José Ramón Castiñeiras	Ing. Luis Parra, Esp. Ing. Emilio Moretti	email
2.1	Avance de las subta-reas	Mensual mientras dure la tarea	José Ramón Castiñeiras	Ing. Luis Parra, Esp. Ing. Emilio Moretti	email

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

## 17. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.