**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**Proyecto de Fin de Carrera**

**Proyecto *Capstone***

**1. Introducción**

Los planes de estudio modernos consideran una asignatura terminal en el que los estudiantes desarrollan un proyecto o trabajo académico final e integrador que representa la solución a un problema relevante y complejo de la especialidad, y en el que los estudiantes demuestran estar preparados para el ejercicio profesional.

El proyecto de fin de carrera, conocido también como proyecto *capstone* (piedra angular), tiene por finalidad que el alumno, trabajando de manera preferentemente grupal, integre los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del plan de estudios para crear un producto, bien, servicio, proceso, método, procedimiento, etc., que constituye la solución adecuada, práctica y realizable a un problema real y complejo de la especialidad.

Los criterios actuales de acreditación de la calidad de la formación profesional universitaria consideran que todo Programa debe dar al estudiante la oportunidad de desarrollar un proyecto completo de fin de carrera utilizando métodos y herramientas modernos de la especialidad, y que culmine con un producto final demostrable. Debe incluirse también la entrega y sustentación de un informe completo que describa el trabajo desarrollado.

**2. Problema Complejo de la Especialidad**

En general, un problema complejo es aquel que no tiene solución trivial o simple, sino que es el resultado de un análisis cuidadoso y detallado de los objetivos, métodos y resultados, y que requieren la aplicación de conocimientos y habilidades terminales de la especialidad.

Se consideran problemas complejos aquellos que incluyen una o mas de las siguientes consideraciones:

* Involucran asuntos técnicos conflictivos cuya solución requiere compromiso para el logro balanceado de los diferentes componentes de la solución del problema.
* Abarcan diferentes temas, o incluyen varias partes componentes o sub-problemas.
* Abordan nuevos problemas, nuevos enfoques, nuevos métodos, o nuevos procedimientos.
* La solución no se obtiene de manera directa, sino por un proceso escalonado de prueba y error.
* Puede tener varias soluciones que se comparan para seleccionar justificadamente la más adecuada.
* Requieren la aplicación de conocimientos y habilidades avanzados con criterios de optimalidad y efectividad.
* Involucran diversos grupos de interés con demandas antagónicas y tiene consecuencias significativas en varios contextos.
* Requiere el cumplimiento y satisfacción de restricciones, limitaciones.
* Requiere la aplicación justificada de normas, estándares, políticas, regulaciones, reglamentos.

**3. El Proyecto de Fin de Carrera**

En general, el proyecto de fin de carrera en las ciencias e ingeniería está orientado al diseño o creación de un producto, servicio, proceso, sistema, método o procedimiento que representa la solución a un problema de la especialidad o la satisfacción de una necesidad, cumpliendo restricciones y limitaciones dadas, así como normas, estándares y regulaciones aplicables.

El diseño es un proceso iterativo de toma de decisiones que, generalmente, involucra las siguientes actividades: identificación de la necesidad o problema a resolver, formulación de objetivos y limitaciones, definición de especificaciones técnicas, propuesta de alternativas de solución, formulación de métricas para comparar las alternativas, selección de la mejor alternativa, desarrollo de la solución a detalle aplicando métodos y procedimientos apropiados, análisis y pruebas de la solución, reformulación de especificaciones (si fuese necesario), descripción de la solución a través diagramas, planos, simulaciones, construcción o implementación de la solución (si se requiere), y pruebas finales del producto. Dependiendo de la especialidad, los proyectos de fin de carrera pueden culminar con la descripción de la solución sin llegar a la implementación.

El diseño es arte y ciencia. Requiere imaginación, creatividad, conocimiento y habilidades técnicas, orden y disciplina, pensamiento crítico y una actitud orientada al logro y al cumplimiento de objetivos.

Es importante notar que, en el caso de las carreras de ciencias, no todos los proyectos de fin de carrera se orientan al diseño de un producto, proceso o sistema, sino que también pueden estar orientados al análisis y estudio de la naturaleza y de las leyes que la gobiernan, o al análisis y desarrollo de teorías y leyes que se establecen sobre la base de la evidencia o la demostración siguiendo, generalmente, el método científico.

**4. Desarrollo del Proyecto de Fin de Carrera**

El proyecto de fin de carrera se puede desarrollar en una o dos asignaturas según el alcance y extensión que se hayan definido en el plan de estudios. Lo importante es que el proyecto culmine con un producto final demostrable que resuelve un problema complejo de la especialidad.

Los proyectos de fin de carrera se desarrollan de manera dinámica y proactiva con intensa participación de los estudiantes bajo la orientación de los asesores o coordinadores de la asignatura quienes propondrán los lineamientos generales y guiarán al estudiante para completar el proyecto de manera satisfactoria y dentro de los plazos asignados.

El proyecto de fin de carrera se puede desarrollar según las siguientes etapas:

* **Determinación del tema a desarrollar.** Los temas pueden ser propuestos por el docente o los estudiantes pero, en todos los casos, deben contar con la aprobación del docente. El título del proyecto debe ser descriptivo del alcance del proyecto. El título no puede ser sólo un acrónimo.
* **Los temas pueden ser iguales o distintos para cada grupo de trabajo**. También es posible definir un único tema que se descompone en diferentes componentes cada uno a ser resuelto por grupos de trabajo distinto y que se integran al final para lograr la solución completa del problema.

Nota: Las tesis profesionales sustentados pueden ser una buena referencia para definir los trabajo a desarrollar como proyectos de fin de carrera.

* **Definición del objetivo del proyecto, y de las características y alcance del producto o entregable final.** Se definirán el objetivo general, los objetivos específicos, y las características el producto o entregable final que evidencien el logro y cumplimiento de los objetivos. Se recomienda entre cuatro y seis objetivos específicos.
* **Formación de los grupos de trabajo** que pueden ser de hasta cuatro personas según la magnitud del proyecto a desarrollar. Si bien proyectos individuales también son posibles, se dará preferencia al trabajo grupal.
* **Formulación del plan de actividades**. Para ello se requiere que cada grupo de trabajo identifique todas las actividades a desarrollar en el semestre, estime su duración, las secuencie y presente un cronograma simple de actividades.
* **Desarrollo del proyecto**. Corresponde al trabajo más importante donde se proponen alternativas de solución, se analizan y comparan, se escoge la mejor alternativa, se desarrolla y se implementa. Para el desarrollo del proyecto se seleccionan y aplican los métodos, procedimientos y materiales de manera óptima y que conduzcan a resultados coherentes que apuntan al logro de los objetivos del proyecto. Se incluye el análisis de resultados y generación de conclusiones y/o validación de hipótesis.
* **Elaboración del informe del proyecto** que describe todo el trabajo desarrollado: objetivos, métodos y procedimientos, materiales, descripción de la solución a través de diagramas, planos, pruebas y simulaciones, análisis de resultados obtenidos, conclusiones y bibliografía. El informe también debe contener el cronograma de actividades realizadas y una estimación básica de los recursos utilizados y sus costos.
* **Sustentación oral ante un jurado especialista** que evaluará el proyecto según los Resultados del Estudiante que se han definido para la especialidad.

El desarrollo del proyecto de fin de carrera requiere una asesoría constante por parte de un docente especialista quien deberá reunirse periódicamente con el estudiante y en periodos no mayores de dos semanas. Además, se requiere que el estudiante realice por los menos dos presentaciones en el semestre: una a la mitad del semestre ante el asesor (o coordinador) y la otra al final del semestre ante un jurado.

La culminación exitosa del proyecto de fin de carrera requiere imaginación, creatividad, conocimiento y habilidades técnicas, pensamiento crítico y analítico, orden, perseverancia, disciplina, y una clara actitud al logro de metas y objetivos. El estudiante debe demostrar que posee las habilidades técnicas y personales que le permitan desarrollar un proyecto sólido y bien sustentado.

**5. Cronograma de Desarrollo del Proyecto en el Semestre**

Con el objeto de hacer un mejor seguimiento al desarrollo del proyecto y asegurar su correcta culminación al final del semestre, se requiere formular un cronograma de avance del proyecto que el docente deberá cumplir y hacer cumplir. La Tabla 1 muestra un cronograma semestral de las principales actividades a desarrollar y la semana correspondiente.

Tabla 1. Cronograma semanal de actividades.

|  | **Actividad** | **Aspectos a Considerar** | **Semana** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Determinación del tema a desarrollar | Temas propuestos por el docente o por los estudiantes con aprobación del docente | 1 - 2 |
| 2 | Formación de grupos de trabajo | De preferencia trabajos grupales. | 2 - 3 |
| 3 | Definición de objetivos y alcance | Definición de las características (especificaciones) del producto o proceso a lograr.  Un objetivo general y varios objetivos específicos. Por cada objetivo indicar la manera en que se verificará su logro. | 3 - 4 |
| 4 | Primera revisión de avance | Estado del arte.  Estudio de mercado.  Disponibilidad de datos e información para el proyecto (normas, estándares regulaciones). | 5 |
| 5 | Segunda revisión de avance. Exámenes parciales | Identificación de variables.  Modelamiento del sistema.  Formulación de mapas de procesos. | 8 |
| 6 | Tercera revisión de avance | Cálculos.  Simulación en computadora.  Desarrollo del prototipo o maqueta. | 12 |
| 7 | Entrega de informe final | Informe final con contenido, profundidad y desarrollo que corresponde.  Redacción y claridad del informe. | 14 - 16 |
| 8 | Sustentación final | Presentación oral.  Calidad de diapositivas.  Respuestas a la preguntas  Trabajo grupal. | 14 - 16 |

**6. Informe del Proyecto de Fin de Carrera**

El informe del proyecto de fin de carrera junto con los planos, prototipos o maquetas que se puedan generar, constituyen la mejor evidencia del trabajo desarrollado y la demostración de que los estudiantes han logrado los Resultados del Estudiante en el nivel esperado.

Si bien la estructura y contenido del informe puede ser diferente para cada especialidad, se sugiere la estructura y extensión que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Estructura del informe del proyecto de fin de carrera.

|  | **Sección** | **Descripción** | **Extensión (referencial)** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Resumen en inglés | Resumen del problema, de los resultados obtenidos y los métodos utilizados. | 1 página |
| 2 | Introducción | Presentación del problema, hipótesis o necesidad, sus implicancias y estado del arte.  Análisis del mercado (si corresponde).  Presentación del objetivo general y de 4 a 6 objetivos específicos.  Para cada objetivo específico, indicar como se verificará su cumplimiento. | 4 a 8 páginas |
| 3 | Fundamentos Teóricos | Presentación de los fundamentos teóricos que sustentan los métodos y análisis de resultados.  Presentación de los métodos estadísticos a utilizar para el análisis de resultados. | 10 – 20 páginas |
| 4 | Materiales, Métodos y Procedimientos | Aplicación de métodos, procedimientos, materiales, equipos y software a utilizar.  Diagramas de bloques y diagramas de flujo de los métodos y procedimientos.  Descripción de las pruebas a desarrollar. | 15 - 25 páginas |
| 5 | Presentación y Análisis de Resultados | Presentación de resultados obtenidos en el formato que corresponda (tablas, gráficos, diagramas, etc.).  Análisis, comparación, validación de los resultados obtenidos. Análisis estadístico, simulaciones. Demostraciones. | 20 - 30 páginas |
| 6 | Conclusiones | Presentación de conclusiones formuladas a partir de los resultados obtenidos.  Verificación del logro de objetivos. | 3 - 6 páginas |
| 7 | Bibliografía | Presentación de referencias bibliográficas en el formato apropiado. | 2 – 3 páginas |
| 8 | Apéndices | Cronograma de desarrollo del proyecto.  Presupuesto básico.  Normas, estándares, regulaciones requeridas para el desarrollo del proyecto.  Planos.  Hojas de datos. | Menos de 20 paginas |

En el caso de que el proyecto de fin de carrera se desarrolle en dos asignaturas consecutivas (Tesis I y Tesis II, por ejemplo), el informe al culminar la asignatura Tesis I deberá contener:

* Título del proyecto
* Definición de objetivos generales y específicos
* Fundamentos teóricos
* Avance significativo en la definición de los métodos, procedimientos y materiales a utilizar.
* Avance en la obtención de resultados y análisis de los mismos.

Es importante que la primera asignatura de Tesis I culmine con resultados que reflejen el trabajo personal y los aportes del estudiante (o grupo de estudiantes), así como una validación preliminar de que la metodología o procedimiento seleccionado apuntan a la solución del problema (el proyecto está encaminado).

La asignatura de Tesis II, sin embargo, deberá culminar con la entrega del informe completo conteniendo todos los puntos presentados en la Tabla 2.

**7. Evaluación y Calificación del Proyecto Capstone**

El desempeño del estudiante debe evaluarse a los largo del desarrollo del proyecto, así como en la demostración, informe y sustentación al final del semestre.

Se realizarán dos tipos de evaluación: evaluación cuantitativa orientada a una nota en el rango de 0 a 20 que determinará si el alumno aprueba o no el proyecto, y una evaluación cualitativa orientada a la mejora continua.

**7.1. Evaluación Cuantitativa**

La evaluación cuantitativa corresponde a la evaluación convencional en la escala de 0 a 20 para determinar si el estudiante (o grupos de estudiantes) aprueban o no el proyecto. Los criterios sugeridos de evaluación cuantitativa y su ponderación se presentan en la Tabla 3. El docente a cargo de la asignatura puede cambiar los criterios y ponderación si lo considera pertinente.

Tabla 3. Criterios de evaluación cuantitativa del proyecto de fin de carrera.

| **Factor** | **Criterio** | **Ponderación** |
| --- | --- | --- |
| Objetivos | Objetivo general y objetivos específicos claros y bien definidos | 5% |
| Cada objetivo específico tiene identificado su medio de verificación de cumplimiento |
| Fundamentos Teóricos | Identificación correcta de los fundamentos teóricos requeridos | 10% |
| Entendimiento preciso y claro de la base teórica y de su aplicación para la solución del problema |
| Métodos y Procedimientos | Los métodos y procedimientos son los que corresponden al problema que se analiza. | 10% |
| Los métodos y procedimientos están bien entendidos y aplicados |
| Destreza en el uso de equipos, instrumentos y aplicaciones de software |
| Resultados y su Análisis | Los resultados se presentan de manera clara y en el formato apropiado | 30% |
| Los resultados son consistentes y apuntan a la solución del problema que se analiza |
| Se aplican los métodos estadísticos apropiados |
| Conclusiones y Cumplimiento de Objetivos | Por lo menos cinco conclusiones que se desprenden del análisis realizado y los resultados obtenidos | 10% |
| Conclusiones lógicas, claras y coherentes |
| Verificación del cumplimiento del objetivo general y de los objetivos específicos |
| Sustentación y Demostración | Diapositivas claras y con estructura ordenada | 10% |
| Uso de un lenguaje claro, fluido y vocabulario técnico |
| Respuestas correctas y concisas a las preguntas del jurado |
| Puntualidad y cumplimento con el tiempo asignado |
| Informe | Contiene todos las secciones que corresponden | 20% |
| Redacción clara y ordenada |
| Diagramas, gráficos, curvas claros y significativos |
| Referencias bibliográficas en formato apropiado |
| Otros | Relevancia e impacto del proyecto | 5% |
| Creatividad |
| Trabajo en equipo |
| TOTAL | | 100% |

**7.2. Evaluación Cualitativa**

En la evaluación cualitativa se mide el nivel de logro de los Resultados del Estudiante que se han definido para la Escuela Profesional. Para cada estudiante (o grupos de estudiantes) se evalúa el nivel de logro de las capacidades (o competencias) definidas para cada Resultado del Estudiante. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 5 según el significado que se presenta en la Tabla 4. Pueden aplicarse también las rúbricas que se hayan definido para cada Resultado del Estudiante.

Tabla 4: Escala de los niveles de logro de las capacidades / competencias.

|  |  |
| --- | --- |
| **Escala** | **Significado** |
| 5 | Totalmente de acuerdo que el estudiante ha logrado la capacidad |
| 4 | De acuerdo que el estudiante ha logrado la capacidad |
| 3 | Ni de acuerdo ni en desacuerdo que el estudiante ha logrado la capacidad |
| 2 | En desacuerdo que el estudiante ha logrado la capacidad |
| 1 | Totalmente en desacuerdo que el estudiante ha logrado la capacidad |

Con los resultados de la evaluación para todos los estudiantes se determina el porcentaje de estudiantes que alcanza el nivel 5 (totalmente de acuerdo) o nivel 4 (de acuerdo). Si este porcentaje es inferior al 75% significa que el docente debe proponer e implementar acciones de mejora que apunten a elevar el nivel del desempeño del estudiante en las capacidades o competencias correspondientes.

Los resultados de la evaluación se presentan también a la Dirección de Escuela y la Comisión de Acreditación para la propuesta e implementación de acciones de mejora.