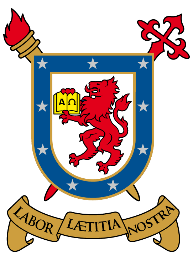
**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Departamento de Ingeniería Informática**

**Modelo multivariado del sistema de autorregulación cerebral en pacientes con TEC, utilizando PCC, PAM y PIC por medio de máquinas de vectores soporte**

**Andrés Cristian Arismendi Ferrada**

Profesor guía: Max Chacón Pacheco

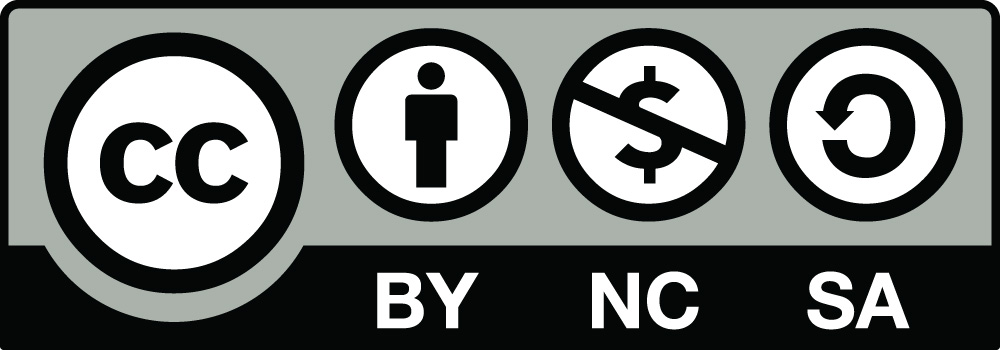
Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil en Informática

Santiago – Chile

2016

**©Andrés Cristian Arismendi Ferrada, 2016**

• Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 3.0. Sus condiciones de uso pueden ser revisadas en: <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/cl/>>



**RESUMEN**

Esto es un resumen.

**ABSTRACT**

This is an abstract.

Esto es una dedicatoria con mucho amor. Es opcional y en el nuevo manual de tesis menciona que su formato es libre siempre cuando sea legible. Posiblemente lleve título pero se ve feo.

**AGRADECIMIENTOS**

Esto son los agradecimientos. Gracias a Víctor Flores por facilitarme su formato tesis en LaTex, aunque este tiene algunos detalles que arreglar, dado que no se puede o es muy complejo arreglarlo en el mencionado software libre. Microsoft Word es mejor. ¡Viva el software privativo!

**TABLA DE CONTENIDO**

[CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 1](#_Toc446951044)

[1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN 1](#_Toc446951045)

[1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1](#_Toc446951046)

[1.3 SOLUCIÓN PROPUESTA 1](#_Toc446951047)

[1.3.1 Características de la solución 1](#_Toc446951048)

[1.3.2 Propósito de la solución 1](#_Toc446951049)

[1.4 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO 1](#_Toc446951050)

[1.4.1 Objetivo general 1](#_Toc446951051)

[1.4.2 Objetivos específicos 2](#_Toc446951052)

[1.4.3 Alcances 2](#_Toc446951053)

[1.5 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS 2](#_Toc446951054)

[1.6 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO 2](#_Toc446951055)

[CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 3](#_Toc446951056)

[2.1 ESTADO DEL ARTE 3](#_Toc446951057)

[CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA 4](#_Toc446951058)

[3.1 SECCIÓN 1 4](#_Toc446951059)

[3.1.1 Subsección A 4](#_Toc446951060)

[3.1.2 Subsección B 5](#_Toc446951061)

[3.2 SECCIÓN 2 5](#_Toc446951062)

[CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE SOFTWARE 8](#_Toc446951063)

[CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS 9](#_Toc446951064)

[5.1 SECCIÓN DE RELLENO PARA ALARGAR LA TABLA DE CONTENIDO 9](#_Toc446951065)

[CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES 10](#_Toc446951066)

[GLOSARIO 11](#_Toc446951067)

[BIBLIOGRAFÍA 12](#_Toc446951068)

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tablas del Capítulo 3.**

[Tabla 3.1: Ejemplo de tabla 12](#_Toc463263669)

[Tabla 3.2: Formato de figuras y tablas 14](#_Toc463263670)

**Tablas del Anexo A.**

[Tabla A.1: Numeración de cosas A-1](#_Toc426121962)

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

**Figuras del Capítulo 3.**

[Figura 3.1: Logo USACH (blanco y negro) 6](#_Toc426121320)

**Figuras del Capítulo 4.**

[Figura 4.1: Logo USACH (colores) 8](#_Toc426121321)

**Figuras del Anexo C**

[Figura C.1: León de la USACH C-1](#_Toc426121398)

# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

Actualmente en Chile, el ataque cerebrovascular (ACV) agudo isquémico es un importante problema de salud pública. Es la causa más frecuente de enfermedad cerebrovascular (ECV) en Chile, representando aproximadamente un 65% de todos los eventos cerebrovasculares. La ECV es la primera causa de muerte en chile y representa un 9% de todas las muertes al año 2010 (Minsalcl, 2015).

El Traumatismo Encefalocraneano (TEC) es la primera causa de deceso en la población entre 20 a 40 años en el país, y es causa importante también de secuelas neurológicas en pacientes en edad productiva. Además, es la causa de muerte en alrededor de un 40% de los accidentes de tránsito fatales (Minsalcl, 2015). Por lo general las lesiones involucradas a este tipo de accidente se presentan de forma inmediata, sin embargo, muchas otras aparecen de forma tardía luego del trauma.

Además, es importante señalar que el TEC es la causa de muerte de un tercio de los pacientes menores de 18 años de edad que fallecen por traumatismos (Minsalcl, 2015)

El TEC tiene un fuerte impacto en personas debido al flujo sanguíneo que por este circula. El cerebro humano, más que cualquier otro órgano en el cuerpo, requiere un constante suministro de oxígeno y nutrientes para su funcionamiento (Carnet, 2013). Este es el centro supervisor del sistema nervioso, para el cual es destinado entre un 15 y un 25 % del flujo sanguíneo cardíaco, independiente de la actividad que esté desempeñando, con un flujo sanguíneo cerebral (FSC) de 40 a 50ml /100gr de tejido cerebral/min (Rodríguez-Boto, Rivero-Garvía, Gutiérrez-González, & Márquez-Rivas, 2012). Esto implica un consumo uniforme de FSC, siendo esto muy importante para nuestro organismo, ya que un cambio en el flujo sanguíneo podría provocar mareos, desmayos, variaciones en la capacidad de cognición o incluso desembocar en un accidente vascular cerebral.

De acuerdo a lo anteriormente señalado, es de suma importancia conocer el comportamiento que tiene la autorregulación en el cerebro y de este modo tener una herramienta para evaluar la variación que sufre el FSC, que como se mencionó anteriormente puede afectar gravemente a una persona. Conociendo este fenómeno, se podrían generar conductas terapéuticas importantes, tratamientos preventivos, diagnósticos más exactos evitando así situaciones que generen daños irreversibles, sobre todo en el caso de personas que sufren traumatismos graves, pudiendo determinar si una buena o mala autorregulación afecta su evolución futura (Varas, 2013).

El traumatismo craneoencefálico o TEC corresponde a una patología cerebral causada por una fuerza traumática externa que ocasiona un daño físico en el encéfalo. Éste corresponde a la parte superior del sistema nervioso central. En pacientes con TEC el flujo sanguíneo cerebral se ve alterado.

El mecanismo fisiológico encargado de mantener el FSC constante, es el mecanismo llamado sistema de autorregulación del flujo sanguíneo cerebral (SAC). (Neurorhb, 2013).

La autorregulación del flujo sanguíneo cerebral responde a la disminución o aumento de la presión de perfunción cerebral (PPC). El problema radica en que no existe un método directo para medir estos valores en pacientes sanos. Debido a esta falencia se realiza una analogía entre la PPC y los resultados obtenidos por la velocidad del flujo sanguíneo cerebral (VFSC) y de la presión arterial media (PAM).

Hay una relación entre la PPC, PAM y la presión intracraneal (PIC), donde la PPC se expresa normalmente como la diferencia entre la PAM y la PIC (Stradgaard & Paulson, 1992). Es por este motivo que las primeras dos entradas del modelo a evaluar son la PAM y la PIC.

Además, es importante destacar que la segunda variable que más relevancia tiene sobre el sistema de autorregulación cerebral es la presión de CO2. Esta variable tiene gran influencia sobre el sistema metabólico. Por ejemplo, en el caso de los diabéticos el comportamiento del SAC empeora al aumentar el CO2 en su sangre (hipercapnia). De acuerdo al estudio realizado por Bello (Bello, 2007) se demostró que es posible representar el CO2 por una señal de PCC en un modelo no lineal.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hasta el momento el funcionamiento de la autorregulación del flujo sanguíneo en el cerebro no ha sido resuelto en su totalidad. Es por lo anteriormente señalado que cada estudio realizado puede aportar una enorme contribución al foco de encontrar un mayor entendimiento del sistema de autorregulación del flujo sanguíneo cerebral.

¿Es posible determinar el comportamiento del SAC en pacientes con TEC utilizando las variables PIC, PAM y PCC, por medio de modelos no lineales?

## SOLUCIÓN PROPUESTA

### Características de la solución

La solución propuesta de forma general consiste en modelar, de forma lineal y no lineal, el sistema de autorregulación del flujo sanguíneo cerebral de 31 pacientes con traumatismo encéfalo craneano, para este propósito se tomará en cuenta la relación entre las variables hemodinámicas PAM, PCC y PIC como entrada del modelo y la VFSC como salida.

Para los datos de los 31 pacientes se usará el modelo lineal ARX (*autoregressive exogenous*), y además del modelo no lineal NARX (*Nonlinear* *autoregressive exogenous*). Estos modelos mencionados anteriormente serán implementados por medio de máquinas de vectores de soporte (*Support Vector Machines*, SVM).

Los resultados obtenidos serán comparados por medio de los índices para el cálculo de la autorregulación sanguínea cerebral; por un lado con el índice clásico llamado ARI y un nuevo método diseñado en el departamento de Ingeniería Informática de nuestra Universidad denominado Model-free ARI (mfARI) (Chacón et al, 2014).

### Propósito de la solución

El propósito de la solución es saber cómo las variables hemodinámicas PCC, PIC y PAM afectan los resultados de las mediciones de la autorregulación, y de este modo contribuir al avance o resolución de las interrogantes expuestas con anterioridad, con el fin de lograr una regla de oro para predecir el flujo sanguíneo cerebral en pacientes que hayan sufrido un TEC.

Además, este trabajo intenta lograr la predicción del comportamiento del SAC en pacientes enfermos, principalmente sobre los índices de mortalidad que de acuerdo a los datos obtenidos de la variación de CO2 se logre inferir. De este modo anticiparse a los diagnósticos y tratamientos para lograr una mayor efectividad al momento de tratar a pacientes con TEC o incluso lograr abarcar otras patologías relacionadas con la autorregulación del flujo sanguíneo cerebral (AFSC).

## OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO

### Objetivo general

Desarrollar un modelo multivariado de tres entradas, PCC, PAM y PIC, en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, evaluando como salida la velocidad del flujo sanguíneo cerebral (VFSC), mediante SVM.

### Objetivos específicos

1. Adquirir conocimiento de las variables hemodinámicas consideradas para este trabajo, del sistema de autorregulación cerebral, además de la presión de cierre crítico y el CO2.
2. Realizar el modelo de SVM por medio de los métodos FIR, ARX, NFIR y NARX considerando como entrada los datos de los sujetos con TEC. Luego evaluar a partir de los resultados obtenidos de costo computacional, la opción de realizar modelos ARX y NARX.
3. Analizar de forma indirecta el impacto que tiene la variación de CO2 por medio de la PCC en el SAC.
4. Realizar la medición de los experimentos, con los índices de análisis del sistema de autorregulación cerebral ARI y mfARI.
5. Realizar el análisis de las varianzas (ANOVA) obtenidas por cada uno de los 31 sujetos en estudio.

### Alcances

La información utilizada para el desarrollo de esta investigación proviene de una muestra de la medición de la VFSC de 31 pacientes con daño craneal severo, y se limitará al uso exclusivo de esta información. Estos datos reales fueron proporcionados por el Professor Ronney Panerai de la división de física médica de la Universidad de Leicester. Los datos fueron obtenidos del Adult Intensive Care Unit, Queen’s Medical Centre, Nottingham, Inglaterra. El comité de ética local aceptó la medición de las muestras con fines científicos (Chacón, Jara, Varas, & Panerai, 2014).

Debido a la estimación de complejidad de cómputo de este modelo multivariado es que se utilizará el modelo Finite Impulse Response (FIR) y el Non-Linear Finite Response (NFIR), dejando por el momento de lado los modelos de mayor complejidad autoregresion with exogenous variables (ARX) y el no lineal Non-Linear autoregresion with exogeouns variables (NARX).

No se utilizarán modelos de regresión no lineal distintos a las SVM, como por ejemplo redes neuronales, ni otro método de inteligencia computacional.

La implementación no analizará otras variables, relacionadas con la hemodinámica como entrada al modelo de regresión no lineal. Se limitará al uso de las entradas de PIC, PAM y PCC.

Se limitará al desarrollo de la solución con la utilización de los modelos FIR y NFIR, sin considerar inicialmente otros modelos de alto computo como el ARX.

## METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

### Metodología a usar

Producto del carácter investigativo que presenta este proyecto de modelamiento fisiológico, se optó por la utilización del método científico.

Se realizará un conjunto de etapas y reglas que señalan el procedimiento para llevar a cabo esta investigación con el fin de que los resultados sean aceptados como válidos por la comunidad científica.

A continuación se especificarán en detalle las etapas a seguir durante el presente trabajo.

* Observación del problema: Identificar los factores que afectan la autorregulación cerebral y la relación que existe entre la PCC, PIC y PAM sobre la VFSC. Observar la alternativa de que la PIC sea o no influyente en la medición del SAC.
* Formulación de la hipótesis central del estudio:El cambio en la PCC tiene una relación directa con la PAM y la PIC afectando el SAC en pacientes con TEC.
* Revisión de la literatura existente: En esta etapa se necesita adquirir un completo conocimiento del problema de la autorregulación cerebral dinámica, principalmente, la relación que existe con la VFSC, la PCC, PIC y PAM. Además de adquirir un conocimiento sobre las SVM, que corresponde a la técnica a utilizar. Por último adquirir conocimiento sobre los modelos multivariados de tres entradas.
* Determinación de los modelos a estudiar: Una vez obtenidos los datos se determinarán los modelos que permitan representar el sistema en estudio, sea FIR, NFIR dando paso al análisis de modelos más complejos como ARX y NARX.
* Modelamiento del sistema de estudio en particular: Para este estudio en particular se requiere analizar el comportamiento de la PIC sobre el SAC. En trabajos anteriores se ha analizó el comportamiento de PAM + PCC → VFSC no lineal (Bello, 2007). Donde demostró que el modelo multivariado directo no lineal logra representar la forma en que los dos sistemas actúan en conjunto, ingresando al mismo tiempo escalones de diferente amplitud de PAM y PCC pudiendo visualizar que el nivel de PCC afecta directamente a la línea base de la VFSC, mientras que el cambio en la PAM afecta la reacción inmediata del sistema. Por lo que en este trabajo se realizará un modelamiento multivariado del sistema de autorregulación cerebral utilizando PAM + PCC + PIC → VFSC mediante máquinas de vectores de soporte.
* Concluir acerca de los datos obtenidos: Para este objetivo se utilizarán métodos estadísticos, para identificar el comportamiento de los índices obtenidos en los pacientes de acuerdo a su autorregulación cerebral ARI y mfARI.

### Herramientas de desarrollo

Las herramientas de Software a utilizar para el desarrollo son:

• Sistema Operativo Windows 7

• Microsoft Office 2013

• SPIDER SVM: Es una herramienta de minería de datos para generar modelos con SVM.

• R: Herramienta para el desarrollo de estadísticas computacionales y gráficas. Este software es libre y compatible con las principales plataformas de sistemas operativos como Windows, UNIX y MacOS. Principalmente se utilizará esta herramienta debido a la compatibilidad que presenta con el Cluster que se encuentran ubicados en la Universidad de Chile.

• STATISTICA: Software que permite el análisis estadístico de datos.

La herramienta principal de trabajo es un computador con las siguientes características de Hardware:

• Procesador: Intel Core i5, 1,8 GHz

• Memoria: 8 gb Ram DDR3

Además, para el modelamiento se utilizará un clúster externo, con el objetivo de reducir los altos tiempos de cómputo.

• Clúster NLHPC: Ubicado en las dependencias de la Universidad de Chile, cuenta con una capacidad computacional con el objetivo de lograr satisfacer la demanda científica nacional de alto rendimiento (HPC).

## ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

**El presente documento está compuesto por un par de secciones que no dicen nada. Primeramente, hay secciones con títulos que no explican nada al lector. Luego se colocan posibles conectores que puedan ser usados para hablar de la secciones. A continuación, se menciona que en realidad todo está en este párrafo, pues no hay nada más en este informe. Posteriormente, se continúa con los conectores. En seguida, se empiezan a acabar las ideas. Después, se muestra la desesperación por no saber más conectores. Subsiguientemente, se empieza prácticamente a inventar palabras. Ulteriormente, se amplía el vocabulario del autor y del lector. Finalmente se muestran las conclusiones del trabajo realizado y las referencias utilizadas en el desarrollo del informe.**

# MARCO TEÓRICO

## SISTEMAS DINÁMICOS

## MÁQUINAS DE VECTORES SOPORTE

## ESTADO DEL ARTE

El SAC ha sido estudiado por muchos autores a lo largo de los años, utilizando distintas técnicas y herramientas para modelar el problema.

Lassen (Lassen, 1959) propone el modelamiento del SAC utilizando métodos estáticos. Su objetivo es analizar una relación entre el FSC y la presión Sanguínea arterial (PSA). Este modelo fue la base para el desarrollo de modelos estáticos y eventualmente de los dinámicos. Este trabajo es considerado como el primer intento de medir el flujo sanguíneo cerebral en humanos en el año 1941.

Otro análisis desarrollado con modelos estáticos es el de Czonsnyka (Czosnyka, Smielewski, Kirkpatrick, & Pickard, 1996) el cual realiza el análisis de la regresión lineal adoptando el coeficiente de correlación como medición de la dependencia del FSC en la PSA.

En el año 1982 Aaslid (Aaslid, 1982) comienza a utilizar el Doppler Transcraneal en el estudio de pacientes con enfermedades cerebrovasculares. Este revolucionario invento, abrió la posibilidad de realizar mediciones no invasivas de la velocidad del flujo sanguíneo cerebral (VFSC) a través de la determinación de algunos parámetros del flujo sanguíneo en las porciones proximales de los grandes vasos intracraneales. Se fundamenta en el cambio de eco emitido por una fuente de sonido en movimiento: al acercase a un receptor se incrementa la frecuencia percibida y al alejarse disminuye. De esta manera es posible determinar la velocidad y la dirección del flujo sanguíneo basado en el cambio de frecuencia.

Ruz (Ruz, 2009) incluyó la PIC como variable de estudio a través de la realización de modelos dinámicos basados en aprendizajes a través de funciones no lineales del SAC, estableciendo una relación entre el SAC y la evolución futura de un paciente. A partir de los resultados obtenidos se utilizó el índice ARI, lo cual permitió establecer la predicción de sobrevivencia de los pacientes. También para este trabajo es importante considerar que la utilización del PIC es fundamental en los modelos generados, para avanzar en la comprensión del fenómeno y análisis de cómo esta variable afecta al SAC.

El trabajo de Varas (Varas, 2013) utiliza SVM para realizar un modelo lineal y no lineal (FIR y NFIR), en un modelo multivariado de dos entradas. Este trabajo consideró un modelo de caja negra que utilizaba señales capturadas de los pacientes para así concluir a partir de los resultados que entregue. Se analizó la influencia que tenía la PIC sobre el modelo, variable que tiene directa relación con la condición de salud de los pacientes considerados en el trabajo.

Chacón, Panerai, Araya y Muñoz (Chacon, Araya, & Muñoz, 2009) demostraron que las Support Vector Machine (SVM) son mejores que las redes neuronales para tratar el problema de la autorregulación cerebral.

El trabajo realizado por Tingying Peng (Peng, Rowley, Ainslie, Poulin, & Payne, 2007), trata un modelo triple, donde las entradas del modelo multivariado dinámico, es decir, en función del tiempo son, la presión arterial, el dióxido de carbono y el oxígeno, por medio de PETCO2 y PETO2, considerando como salida la velocidad del flujo sanguíneo cerebral.

# METODOLOGÍA

Título temporal, la idea es básicamente explicar las dos fases (desarrollo del software y experimentación) e introducirlas, ya que pasar a la sección de desarrollo se veía muy directo. Eventualmente esta sección podría desaparecer y funcionarse con otras.

Para fines de la plantilla en esta sección se propone cómo va el formato de los títulos.

## SUJETOS Y MEDICIONES

Para el presente trabajo se consideraron 31 sujetos enfermos, con TEC severo, lo que implica un valor menor a 8 (GCS 3 a 8), según la escala de coma de Glasgow (*Glasgow Come Scale*, GCS). Estos datos fueron validados en el *Adult Intensive Care Unit,* en *Queen’s Medical Centre.* Nottingham, Inglaterra. Estos pacientes fueron tratados utilizando un protocolo estándar que acentuó el retiro quirúrgico inmediato de hematomas, en caso necesario, y la prevención de lesiones isquémicas secundarias. Se realizaron esfuerzos para tratar de mantener la presión intracraneal (PIC) por debajo de los 20 mmHg y la presión de perfusión cerebral (PPC) sobre los 70 mmHg.

Los pacientes han sido separados en dos grupos, los que fallecieron y aquellos que sobrevivieron. El rango de edad de los pacientes es de 29,3 ± 12,4 años para el grupo de pacientes que sobrevivieron y 30,1 ± 17 en los que fallecieron.

Para este estudio los pacientes fueron considerados en su totalidad, sin embargo, 4 sujetos presentaban problemas en la medición de sus registros en la variable hemodinámica PCC, siendo ésta es de suma importancia para el análisis del presente trabajo, por lo que fueron descartados, quedando un total de 27 sujetos con TEC. Además, estos registros fueron aprobados por el comité de ética del centro médico.

La velocidad de flujo sanguíneo cerebral, (VFSC) fue registrada en la arteria cerebral media utilizando un sistema Doppler Transcraneal Scimed con un transductor de 2 MHz. La presión arterial media (PAM) fue medida en mmHg con un catéter intravascular insertado en la arteria radial (Baxter PX-600F). Por último, la PIC se midió con un transductor subdural (Codman MicroSensor) (Ruz Cordero, 2009).

### Subsección A

El nuevo manual de tesis no especifica ningún formato respecto a los títulos, secciones, figuras ni tablas, por lo tanto de aquí en adelante se asumirá que se mantiene lo especificado por los antiguos formatos tesis del Departamento de Ingeniería Informática. En la Tabla 3.1, se muestra cómo se deben poner los títulos en los informes y al mismo tiempo como se debe rotular una tabla, el autor de esta plantilla debe ser muy elocuente (y guapo) al matar dos pájaros de un tiro, no obstante no deben colocarse juicios de valor en un informe y todos las argumentos en él deben ser respaldados con hechos. Cabe mencionar que hacer referencia a una tabla antes de mostrarla es una buena costumbre, ya que el lector se entera porqué le muestran la tabla.

Tabla 3.1: Ejemplo de tabla

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Capítulo | Subcapítulo | Sección | Subsecciones |
| Numeración | CAPÍTULO 1.\* | 1.1. | 1.1.1. | Sin número |
| Letra del título | Mayúscula | Mayúscula | Minúscula excepto la primera letra y los nombres propios | Minúscula excepto la primera letra y los nombres propios |
| Tamaño letra | 14 | 12 | 10 | 10 |
| Estilo del título | Negrita | Negrita | Negrita | Cursiva |
| Separación texto anterior | Cambio de página | Cambio de párrafo + 5mm | Cambio de párrafo + 3mm | Cambio de párrafo normal |
| Separación texto posterior | Un renglón en blanco (tam. 14) | Cambio de párrafo normal | Cambio de párrafo normal | Cambio de párrafo normal |
| Observaciones | Se debe escribir la palabra “CAPÍTULO” | No se debe escribir la palabra “Subcapítulo” | No se debe escribir la palabra “Sección” | No se debe escribir la palabra “Subsección” |

Para informes cortos que no sean tesis o memoria se recomienda utilizar solamente un número en vez de colocar la palabra CAPÍTULO. En realidad eso fue inventado por el autor, ya que resultaba poco estético (y una profesora le bajó nota por seguir fielmente el formato tesis).

### Subsección B

En realidad esta sección es creada para demostrar cómo colocar una subsubsección, la que no es ocupada frecuentemente.

#### Subsubsección

Horrible, por favor no usar. Además con el nuevo checklist del departamento (Comité de docencia del Departamento de Ingeniería Informática, 2015) quedó peor. Recordar no hacer juicios de valor y redactar el texto de forma impersonal (no en primera persona) y usar presente simple (los otros tiempos son admisibles dependiendo el contexto (si es tesis o memoria es obligatorio), pero se recomienda al menos mantener un estilo de forma consistente en el mismo documento).

## SECCIÓN 2

Esta sección solamente fue creada para mostrar una figura, tal como se muestra en la Figura 3.2.

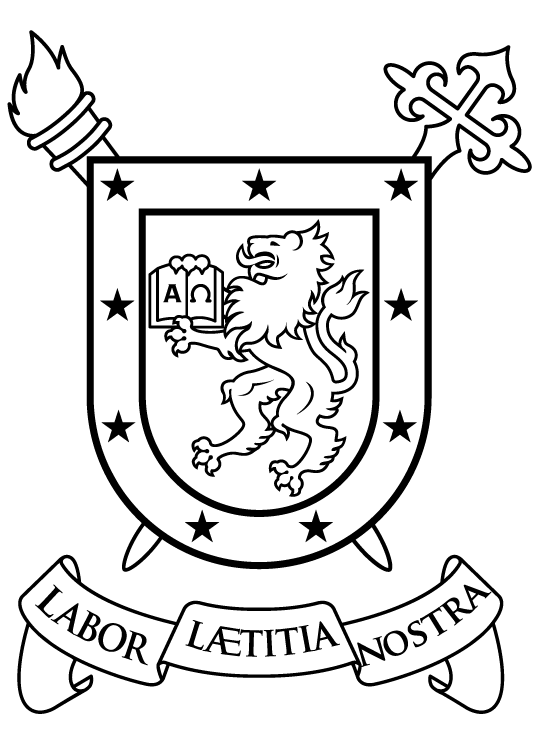


Figura 3.1: Logo USACH (blanco y negro)

Cabe destacar que en la descripción de las figuras y tablas debe estar en interlineado simple no debe llevar punto final. Otras reglas de formato son mostradas en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Formato de figuras y tablas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Figura | Tabla |
| Identificación (ej.) | Figura 1.1 | Tabla 1.2 |
| Letra del título | Minúsculas excepto la primera letra y los nombres propios | Minúsculas excepto la primera letra y los nombres propios |
| Ubicación del título | Centrado en el pie de la figura. | Centrado en el encabezado de la tabla. |
| Tamaño de letra del título | 12 | 12 |
| Estilo del título | Cursiva | Cursiva |
| Subrayado | No | No |
| Observaciones | Se escribe la palabra “Figura” | Se escribe la palabra “Tabla” |

Esta esta tabla fue sacada de un formato tesis antiguo y algunos detalles han sido cambiados para adaptarse al último formato tesis. En el último Manual de Normalización y el *checklist* queda implícito que la identificación de las figuras es con punto “.” en vez de guion “-” como se tenía en los formatos anteriores (Ojo, la palabra “guion” es un diptongo, por lo que no lleva tilde).

# DESARROLLO DE SOFTWARE

Acá se explica el desarrollo del software que se usará en el experimento. Para fines de esta plantilla, esta sección se utiliza para mencionar que el logo en colores de la universidad (Figura 4‑1) también puede utilizarse en la portada. De hecho, si en el presente documento se borra el logo del encabezado de la portada aparecerá el logo en colores en su lugar.



Figura 4.1: Logo USACH (colores)

Finalmente, la Figura 4‑1 también se utiliza para ejemplificar como debe construirse el índice de figuras. Por cada capítulo debe colocarse Figuras del capítulo <número del capítulo> y listarse sus figuras. Microsoft Word permite generar el índice de figuras de forma automática, sin embargo la división por capítulo debe hacerse manualmente. Lamentablemente, al actualizar las referencias cruzadas del índice se borra cualquier cambio manual hecho en este, así que se recomienda realizar la clasificación una vez finalizados los cambios al documento. Lo anterior también aplica para las tablas.

# ANÁLISIS Y RESULTADOS

Resultados cuantitativos y cualitativos, análisis, etc.

## SECCIÓN DE RELLENO PARA ALARGAR LA TABLA DE CONTENIDO

# CONCLUSIONES

Acá se concluye que todo está malo.

# GLOSARIO

**Glosario:** Es un anexo que se agrega al final de libros, investigaciones, tesis o enciclopedias. En él, se incluyen todos aquellos términos poco conocidos, de difícil interpretación, o que no sean comúnmente utilizados en el contexto en que aparecen. Cada uno de estos términos viene acompañado de su respectiva definición o explicación. Dado que el manual de tesis de la universidad considera el glosario como un anexo, de aquí en adelante, no se utiliza la numeración de ”Capítulo”. Esta sección es opcional, a diferencia de la siguiente (Bibliografía) que es obligatoria. A partir de aquí el interlineado es simple.

|  |  |
| --- | --- |
| **ARI:** | Índice dinámico de la autorregulación propuesto por Aaslid y Tiecks. Es capaz de medir la autorregulación estableciendo 10 niveles posibles para ésta, donde 0 representa ausencia de autorregulación y 9 representa la autorregulación perfecta. |
| **CC:** | Coeficiente de correlación. Medida que permite evaluar el rendimiento de un modelo. Compara morfologías de dos señales. |
| **FSC:** | Flujo sanguíneo cerebral. Es el flujo de sangre en los vasos cerebrales. |
| **LCR:** | Líquido cefalorraquídeo. Líquido de color transparente que baña el cerebro y la médula espinal. |
| **PAM:** | Presión arterial media. Es la presión en general en las arterias del organismo. |
| **PIC:** | Presión intracraneal. Presión que existe al interior de la caja craneana. |
|  |  |
| **PPC:** | Presión de perfusión cerebral. Es considerado como la diferencia entre la presión la PAM y la PIC. El umbral sugerido se encuentra alrededor de 60 mm/Hg. |
| **PSA:** | Presión sanguínea arterial. |
| **SAC:** | Sistema de autorregulación cerebral. |
| **sARI:** | Índice de autorregulación estática. |
| **SVM:** | Máquinas de vectores soporte. Algorítmos usados para el modelamiento de sistemas, basados en la teoría de aprendizaje estadístico. |
| **TEC:** | Traumatismo encéfalo craneano. |
| **Ultrasonido Doppler:** | Técnica que permite medir la velocidad del flujo sanguíneo cerebral. En general mide en la arteria cerebral media. |
| **VFSC:** | Velocidad del flujo sanguíneo cerebral. |
| **VSC:** | Volumen sanguíneo cerebral. |
| **Isquemia:** | Sufrimiento celular producto de la disminución transitoria o permanente del riego sanguíneo. |
| **SRM:** | Minimización del riesgo estructural (Structural Risk Mnimization). |
| **ERM:** | Minimización del riesgo empírico (Empirical Risk Mnimization) |
| **ANOVA** | Análisis de la varianza (Analysis of variance) |
| **mfARI** | Índice dinámico de la autorregulación propuesto por Max Chacón y José Luis Jara. |

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comité de docencia del Departamento de Ingeniería Informática. (7 de Julio de 2015). *Aspectos de formato y pase para entrega de memoria* . Obtenido de Google Drive: https://drive.google.com/file/d/0B65MQ-zCiTakUUI5SWt1bkJ0QzQ/view

Toro, C., & Fuentes, F. (2008). *Normas de presentación de la Memoria del Trabajo de Titulación.* Obtenido de UsachVirtual: http://www.usachvirtual.cl/moodle/file.php/2655/titulacion/Normas\_para\_la\_presentacion\_memoria\_v15.pdf

Universidad de Santiago de Chile. (7 de Noviembre de 2014). *Manual para la Normalización de la Tesis*. Obtenido de Sistema de Bibliotecas U. de Santiago: http://biblioteca.usach.cl/sites/biblioteca/files/documentos/manual\_tesis\_version\_final\_2014.pdf

###### ¿ANEXO O APÉNDICE?

SUBSECCIÓN

Sub-subsección

Sub-sub-subsección

En el nuevo manual de tesis, se menciona que se llama anexo, pero si va integrado al informe debería llamarse apéndice. Sin embargo la numeración de las páginas del anexo (o anexos), según el mencionado documento, debe ser independiente de la numeración del informe (cada anexo con su numeración específica) lo que podría implicar que el anexo va aparte del informe, a pesar de que debe ir referenciado en la tabla de contenido lo que a su vez podría producir problemas con la numeración de esta.

No obstante, después el asunto fue aclarado y efectivamente la numeración es específica a cada anexo, aunque esto se hace de modo que se anteponga la letra al número de modo que las páginas 1,2,3, etc. del ANEXO A. se escriben de la forma A-1, A-2, A-3, A-etc. Cabe mencionar que el separador entre la letra y el número no está definido en ninguna parte y el autor uso decidió usar el guion (Word obliga a utilizar un separador). En la

Sujetos condición normal

Tabla A.1: Numeración de cosas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sujeto | Nombre | mfARI |
| 1 | AITK3001-3 | 5.82 |
| 2 | ALI00009-882 | 2.46 |
| 3 | BOAM1000-557 | 1.93 |
| 4 | COWL0010-1 | 3.11 |
| 5 | DANE |  |
| 6 | DENI |  |
| 7 | GREG2000-10 | 9.25 |
| 8 | HAGG |  |
| 9 | HASTI016-402 | 3.51 |
| 10 | HEPPL001-47 | 2.92 |
| 11 | HIGH |  |
| 12 | JEETA003-47 | 2.94 |
| 13 | JONES004-650 | 6.26 |
| 14 | KENT |  |
| 15 | KHAN2002-21 | 7.03 |
| 16 |  |  |
| 17 | MORR1016-3 | 1.70 |
| 18 | NOBLE010-20 | 4.19 |
| 19 | NOLAN005-578 | 0.62 |
| 20 | PARK0006-1 | 9.08 |
| 21 | PATIEN2E-1 | 1.47 |
| 22 | PERK1003-1 | 1.69 |
| 23 | PULL0005-1 | 7.78 |
| 24 | RANS |  |
| 25 | RICHS005-355 | 0.82 |
| 26 | SLAC1004-52 | 9.18 |
| 27 | STAN1002-400 | 6.03 |

Tabla 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sujeto | Nombre | ARI |
| 1 | AITK3001-3 |  |
| 2 | ALI00009-882 |  |
| 3 | BOAM1000-557 |  |
| 4 | COWL0010-1 |  |
| 5 | DANE |  |
| 6 | DENI |  |
| 7 | GREG2000-10 |  |
| 8 | HAGG |  |
| 9 | HASTI016-402 |  |
| 10 | HEPPL001-47 |  |
| 11 | HIGH |  |
| 12 | JEETA003-47 |  |
| 13 | JONES004-650 |  |
| 14 | KENT |  |
| 15 | KHAN2002-21 |  |
| 16 |  |  |
| 17 | MORR1016-3 |  |
| 18 | NOBLE010-20 |  |
| 19 | NOLAN005-578 |  |
| 20 | PARK0006-1 |  |
| 21 | PATIEN2E-1 |  |
| 22 | PERK1003-1 |  |
| 23 | PULL0005-1 |  |
| 24 | RANS |  |
| 25 | RICHS005-355 |  |
| 26 | SLAC1004-52 |  |
| 27 | STAN1002-400 |  |

Sujetos con PCC a 0.2

Tabla A.1: Numeración de cosas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sujeto | Nombre | mfARI |
| 1 | AITK3001-3 | 5.82 |
| 2 | ALI00009-882 | 2.46 |
| 3 | BOAM1000-557 | 1.93 |
| 4 | COWL0010-1 | 3.11 |
| 5 | DANE |  |
| 6 | DENI |  |
| 7 | GREG2000-10 | 9.25 |
| 8 | HAGG |  |
| 9 | HASTI016-402 | 3.51 |
| 10 | HEPPL001-47 | 2.92 |
| 11 | HIGH |  |
| 12 | JEETA003-47 | 2.94 |
| 13 | JONES004-650 | 6.26 |
| 14 | KENT |  |
| 15 | KHAN2002-21 | 7.03 |
| 16 |  |  |
| 17 | MORR1016-3 | 1.70 |
| 18 | NOBLE010-20 | 4.19 |
| 19 | NOLAN005-578 | 0.62 |
| 20 | PARK0006-1 | 9.08 |
| 21 | PATIEN2E-1 | 1.47 |
| 22 | PERK1003-1 | 1.69 |
| 23 | PULL0005-1 | 7.78 |
| 24 | RANS |  |
| 25 | RICHS005-355 | 0.82 |
| 26 | SLAC1004-52 | 9.18 |
| 27 | STAN1002-400 | 6.03 |

Tabla 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sujeto | Nombre | ARI |
| 1 | AITK3001-3 |  |
| 2 | ALI00009-882 |  |
| 3 | BOAM1000-557 |  |
| 4 | COWL0010-1 |  |
| 5 | DANE |  |
| 6 | DENI |  |
| 7 | GREG2000-10 |  |
| 8 | HAGG |  |
| 9 | HASTI016-402 |  |
| 10 | HEPPL001-47 |  |
| 11 | HIGH |  |
| 12 | JEETA003-47 |  |
| 13 | JONES004-650 |  |
| 14 | KENT |  |
| 15 | KHAN2002-21 |  |
| 16 |  |  |
| 17 | MORR1016-3 |  |
| 18 | NOBLE010-20 |  |
| 19 | NOLAN005-578 |  |
| 20 | PARK0006-1 |  |
| 21 | PATIEN2E-1 |  |
| 22 | PERK1003-1 |  |
| 23 | PULL0005-1 |  |
| 24 | RANS |  |
| 25 | RICHS005-355 |  |
| 26 | SLAC1004-52 |  |
| 27 | STAN1002-400 |  |

###### CHECKLIST

**Departamento de Ingeniería Informática**

**Comité de Docencia**

**Proceso de Titulación 1/2015**

**Aspectos de formato y pase para entrega de memoria**

**a la Comisión Correctora y Calificadora**

Para la recepción de las memorias para optar a los títulos de Ingeniero de Ejecución en Computación e Informática y de Ingeniero Civil en Informática, se solicita que cada estudiante entregue junto con la memoria el presente documento.

Consta de tres partes:

* Identificación: Datos para identificar el trabajo de titulación al que corresponde.
* Checklist: Aspectos de formato del Trabajo de Titulación que deben estar incorporados en el documento escrito.
* Autorización: Pase del profesor guía para la entrega de la memoria para corrección.

El documento en su totalidad debe cumplir -además de los aspectos acá especificados- con la totalidad de requerimientos del Manual para la Normalización de Tesis 2014 de la Universidad de Santiago de Chile (ver en: <http://biblioteca.usach.cl/sites/biblioteca/files/documentos/manual_tesis_version_final_2014.pdf>).

**1. Identificación del Trabajo de Titulación**

|  |  |
| --- | --- |
| Título Trabajo de Titulación: |  |
| Carrera: |  |
| Nombre memorista: |  |
| Nombre profesor guía: |  |

**2. Checklist: Aspectos de formato del Trabajo de Titulación**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **1.1 Generalidades** | **Cumple** |
| 1.1 | Hojas Tamaño carta (27,9 alto \* 21,6 ancho) |  |
| 1.2 | Solo se usa la cara anterior de las hojas |  |
| 1.3 | Letra con fuente Arial tamaño 10 para todo el texto, excepto portada y nota de derecho de autor |  |
| 1.4 | Introducción, capítulos y conclusiones: interlineado 1,5 |  |
| 1.5 | Preliminares y páginas finales: interlineado 1 |  |
| 1.6 | Márgenes para el texto del documento: Izquierdo 4 cm; derecho, superior e inferior 2,5 cm |  |
| 1.7 | Redacción en tercera persona singular, impersonal y en tiempo presente o pasado, a excepcion de las conclusiones donde puede usarse tiempo condicional |  |
| 1.8 | A cada página le corresponde un número, excepto a la portada. |  |
|  | **1.2. Portada** | **Cumple** |
| 2.1 | Margen izquierdo y superior 4 cm; margenes derecho e inferior 2,5 cm |  |
| 2.2 | Ver diagrama punto 2.1.1 de Manual de normalización de tesis |  |
|  | **1.3. Páginas preliminares** | **Cumple** |
| 3.1 | Márgenes: Izquierdo 4 cm; derecho, superior e inferior 2,5 cm |  |
| 3.2 | Cada página, se numera con números romanos en minúsculas, en el extremo inferior derecho |  |
| 3.3 | Orden correcto: derechos de autor, resumen, abstract (tesis de grado), dedicatoria (optativa), agradecimientos (optativa), tabla de contenidos, índice de tablas, índice de ilustraciones |  |
| 3.4 | Los títulos están centrados, letra tamaño 14 y en negrita |  |
|  | **Derechos de autor** | **Cumple** |
| 3.5 | Se escribe al reverso de la portada al final de la hoja |  |
| 3.6 | Texto correspondiente a lo indicado en la sección 2.2.9 del “Manual de Normalización de Tesis”, en concordancia con las reglas estipuladas en el “Manual de Asesoría Legal en Materia de Derechos de Autor para el Repositorio Usach” |  |
|  | **Resumen** | **Cumple** |
| 3.7 | Extensión no debe superar las 300 palabras |  |
| 3.8 | Contiene una lista de palabras clave |  |
| 3.9 | Incluye:  a.      Planteamiento del problema b.      Método utilizado c.       Principales resultados y conclusiones d.      Señalar si la tesis forma parte de un proyecto interno o externo de la Universidad |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Tabla de contenidos** | **Cumple** |
| 3.10 | No se utiliza la palabra índice. |  |
| 3.11 | Las páginas preliminares se paginan en números romanos y letra minúscula. |  |
| 3.12 | Incluye Títulos de cada parte, con sus respectivos capítulos y subcapítulos |  |
| 3.13 | Incluye bibliografía |  |
| 3.14 | Incluye todo material complementario tal como: glosario, anexos, etc. |  |
|  | **Índice de Cuadros y/o Tablas** | **Cumple** |
| 3.15 | Todas las tablas se encuentran en el índice, con la numeración correcta |  |
| 3.16 | Las tablas se numeran con números arábigos, incluyendo el número del capítulo o letra del apéndice donde aparecen, por ejemplo 3.1, A.5 |  |
|  | **Índice de Ilustraciones** | **Cumple** |
| 3.17 | Todas las Figuras u otras formas visuales de entregar información se encuentran en el índice, con la numeración correcta |  |
| 3.18 | Se numeran con números arábigos, incluyendo el número del capítulo o letra del apéndice donde aparecen, por ejemplo 3.1, A.5 |  |
|  | **1.4. Cuerpo de la Tesis** | **Cumple** |
| 4.1 | La memoria tiene la estructura indicada en el Manual de Trabajos de Titulación o Tesis de Grado de la Biblioteca Central que consiste en 3 etapas: Introducción, Desarrollo del Tema, Conclusiones. Introducción es el capítulo 1 y Conclusiones es el último capítulo |  |
|  | **Introducción** | **Cumple** |
| 4.2 | Capítulo 1 se denomina Introducción y su contenido según reglamento vigente es: 1.1  Antecedentes y motivación 1.2  Descripción del problema 1.3  Solución propuesta 1.4  Objetivos y alcances del proyecto 1.4.1        Objetivo general 1.4.2        Objetivos específicos 1.4.3        Alcances 1.5  Metodologías y herramientas utilizadas 1.6  Organización del documento |  |
| 4.3 | No incluye resultados ni conclusiones. |  |
|  | **Partes y secciones, Capítulos y Subcapítulos** | **Cumple** |
| 4.4 | Todas las Figuras o Tablas tienen su correspondiente referencia en el texto. |  |
| 4.5 | Las Figuras y Tablas tienen una resolución que permite leerlas. |  |
| 4.6 | El título de las Figuras se coloca centrado inmediatamente debajo de estas |  |
| 4.7 | El título de las Tablas se coloca centrado sobre el encabezado de estas en la parte superior de la tabla |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4.8 | La redacción respeta las normas ortográficas y gramaticales. |  |
| 4.9 | No deja párrafos inconclusos. |  |
| 4.10 | No usa lenguaje coloquial y observa con atención el uso de los tiempos verbales (**3a persona singular o neutro**) |  |
| 4.11 | No hay cambios de página en el texto, a menos que se termine un capítulo o un título quede solo al final de la página (sin ningún texto) |  |
| 4.12 | Títulos de Capítulos, Subcapítulos, Secciones y Partes se escriben de acuerdo a Tabla 1 siguiente:  **Tabla 1. Formato para los títulos de subdivisiones del cuerpo de la memoria**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | |  | Capítulo | Subcapítulo | Sección | Subsecciones | | Numeración | CAPÍTULO 1. | 1.1. | 1.1.1. | Sin número | | Letra del título | Mayúscula | Mayúscula | Minúscula excepto la primera letra y los nombres propios | Minúscula excepto la primera letra y los nombres propios | | Tamaño letra | 14 | 12 | 10 | 10 | | Estilo del título | Negrita | Negrita | Negrita | Cursiva | | Separación texto anterior | Cambio de página | Cambio de párrafo + 5mm | Cambio de párrafo + 3mm | Cambio de párrafo normal | | Separación texto posterior | Un renglón en blanco (tam. 14) | Cambio de párrafo normal | Cambio de párrafo normal | Cambio de párrafo normal | | Observaciones | Se debe escribir la palabra “CAPÍTULO” | No se debe escribir la palabra “Subcapítulo” | No se debe escribir la palabra “Sección” | No se debe escribir la palabra “Subsección” | |  |
|  | **1.5.Páginas finales** | **Cumple** |
| 5.1 | Se compone de (en orden): glosario (optativo), bibliografía y anexos (optativo) |  |
| 5.2 | Los números de página siguen el orden consecutivo del cuerpo de la memoria |  |
|  | **Bibliografía** | **Cumple** |
| 5.3 | Cumple alguna norma definida por la unidad académica para el uso de referencias. norma APA o Numérica IEEE |  |
| 5.4 | No deja referencias incluidas en la bibliografía sin citar en el texto |  |
| 5.5 | Describe la fuente original de una referencia |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 5.6 | Las referencias se presentan en el orden correcto según corresponde a la norma elegida |  |
|  | **Opcionales: Glosario, Anexos, Material adjunto.** | **Cumple** |
| 5.7 | La numeración de las páginas es específica a cada anexo |  |

**La memoria está de acuerdo al Manual de Normalización de Tesis.**

**Firma Memorista:**

**Fecha:**

**3. Autorización profesor guía**

Yo \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_declaro haber revisado la memoria y considero que describe adecuadamente el Trabajo de Titulación desarrollado por el estudiante. Por lo tanto, autorizo su entrega para ser corregido por la Comisión Correctora y Calificadora.

**Firma Profesor Guía:**

**Fecha:**

###### RELLENO