



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DECANATO**

FACULTAD ACREDITADA POR EL SISTEMA DE LA UNIVERSIDAD BOLIVIANA Y  
 POR EL CONSEJO DE ACREDITACIÓN DE MEXICO "CACEI"



**RESOLUCIÓN HCF VIRTUAL N° 833/2021**  
**HONORABLE CONSEJO FACULTATIVO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

A, 17 de Agosto de 2021

**VISTOS:**

El Honorable Consejo Facultativo en sesión de fecha 17 de agosto de 2021, ha tomado conocimiento de la nota ING.ELT.CORR. N° 684/2021 de fecha 9 de agosto de 2021, enviada por el Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez, Director de Carrera de Ingeniería Eléctrica, referente a la solicitud de aprobación del Informe Final de la Segunda Jornada Académica de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo a la Innovación Curricular del XII Congreso Nacional de Universidades que en su Artículo 2 indica "La innovación curricular, es un proceso que se desarrolla en concordancia con la misión, principios, fines y objetivos establecidos en el estatuto orgánico de la Universidad Boliviana .....Metodológicamente parte de los últimos y pertinentes avances en ciencias de la educación, del modelo académico, de su facultad, además de la experiencia y aportes de su propia unidad académica. En lo disciplinar, incorpora los últimos y pertinentes aportes en su área de conocimiento, adecuándolo a su realidad y su contexto, proponiendo como currículo efectivo, eficiente, flexible y de rápida adaptabilidad a las demandas de desarrollo de su región" y en su Artículo 4 indica "(NIVELES DE INNOVACION CURRICULAR) .... Se desarrolla hasta la evidencia de necesidad de innovaciones o más de diez años de vigencia estas innovaciones se dan en diferentes niveles como ser: 1. REDISEÑO CURRICULAR, 2. AJUSTES CURRICULARES Y 3. COMPLEMENTACIONES CURRICULARES.

Que, ante la necesidad de contar con un nuevo Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, el Honorable Consejo de Carrera de Ingeniería Eléctrica, ha aprobado mediante Resolución N° 028/2021, de fecha 15 de enero 2021, el Cronograma de Actividades que conlleva este proceso para la elaboración de la Malla Curricular, mediante resolución N° 036/2021 de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de fecha 10 de febrero de 2021 ha conformado tres Comisiones Docente Estudiantil para distintas actividades, asimismo, mediante Resolución N° 084/2021 de la Carrera de Ingeniería Eléctrica se aprobó la conformación de la Comisión para llevar a cabo la Segunda Jornada Académica, llevada a cabo los días: jueves 22 y viernes 23 de julio de 2021.

Que, la Carrera de Ingeniería Eléctrica en fecha 9 de agosto de 2021, habiendo recibido el INFORME FINAL presentado por la Comisión Docente Estudiantil encargada de llevar a cabo la SEGUNDA JORNADA ACADÉMICA y ante la falta del Consejo de Carrera debido a que feneció la Representación Estudiantil el pasado mes de junio, y, que de acuerdo a Normativa Vigente quien realiza la aprobación de estos informes se ha visto por conveniente solicitar a la máxima instancia de cogobierno Facultativo.

Que, la Carrera de Ingeniería Eléctrica emite Proyecto de Resolución N° 13/2021.

**POR TANTO:**

El Honorable Consejo Facultativo de Ingeniería en consideración de los antecedentes del caso,

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO ÚNICO. -** Aprobar el INFORME FINAL presentado por la Comisión Docente Estudiantil encargada de llevar a cabo la SEGUNDA JORNADA ACADÉMICA, de la Carrera de Ingeniería Eléctrica dependiente de la Facultad de Ingeniería, para el DESARROLLO Y DEBATE SOBRE EL PERFIL DEL PROFESIONAL DEL INGENIERO ELECTRICISTA Y LAS COMPETENCIAS REQUERIDAS EN EL MERCADO PROFESIONAL QUE RESPONDA A SUS NECESIDADES DE NUESTRA SOCIEDAD.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Ing. Alejandro Masón Mayori Machicao  
 PRESIDENTE  
 HONORABLE CONSEJO FACULTATIVO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA



Cc. Archivos.  
 / Sonia  
 H.R. 2102

**INFORME**  
**COM.PERFIL.N°01/2021**



DE: ING. JUAN VICTOR AMONZABEL H.

**Docente Emérito – Coordinador “Perfil del ingeniero electricista”**

A: ING. RODMY MIRANDA

**Director Carrera Ingeniería Eléctrica**

REF: **Perfil del ingeniero electricista**

FECHA: 30 de julio de 2021

En cumplimiento a la Resolución del Honorable Consejo de Carrera de Ingeniería Eléctrica N° 84/2021 y a la Resolución del Honorable Consejo Facultativo N° 515/2021 que homologa la Resolución de carrera, adjunto el informe elaborado por la comisión para llevar a cabo la SEGUNDA JORNADA ACADEMICA de la carrera de Ingeniería Eléctrica, en el que se muestra el resultado del análisis realizado de las recomendaciones recibidas de empresas y profesionales de la industria eléctrica, relacionadas a las competencias del PERFIL PROFESIONAL DEL INGENIERO ELECTRICISTA, requeridas en el mercado profesional que responda a las necesidades de nuestra sociedad.

Forma parte de este informe:

- INFORME DE LA COMISIÓN JORNADAS ACADÉMICAS - PERFIL PROFESIONAL DEL INGENIERO ELECTRICISTA
- ANEXO A: Notas de respuestas de entidades, empresas y profesionales del sector eléctrico.
- ANEXO B: Videos de las presentaciones correspondientes a los días 22 y 23 de julio de 2021.

Atentamente,

MSc. Ing. Juan Víctor Amonzabel H.  
C.I. 2344414 LP

Ing. Rómulo Encinas Laguna  
C.I. 3345084 LP

Univ. Alan Maximiliano Sandoval Ortiz  
C.I. 5995165 LP

Univ. Cristian Limachi Ochoa  
C.I. 6800986 LP

**INFORME DE LA COMISIÓN JORNADAS ACADÉMICAS  
PERFIL PROFESIONAL DEL INGENIERO ELECTRICISTA  
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA – UMSA**

**1. Antecedentes**

De acuerdo a la Resolución emitida por el Honorable Consejo de Carrera de Ingeniería Eléctrica N° 84/2021 que aprueba la conformación de la comisión para llevar adelante la Segunda Jornada Académica de la Carrera de Ingeniería Eléctrica y homologada por el Honorable Consejo Facultativo mediante Resolución N° 515/2021 de fecha 25 de mayo de la presente gestión, para el desarrollo y debate relacionado a las Jornadas Académicas “Perfil del profesional del Ingeniero Electricista”.

Los componentes de la mencionada comisión son los siguientes: MSc. Ing. Juan Víctor Amonzabel, Ing. Rómulo Encinas, Univ. Alan Sandoval, Univ. Cristian Limachi.

El Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Eléctrica data del año 1982, situación que actualmente no responde al avance tecnológico y las necesidades del sector y la industria eléctrica en nuestro país, por este motivo se hace imperiosa la actualización del plan incluyendo el retiro y/o actualización de materias y la adición de nuevas.

**2. Notas de Empresas del sector Eléctrico**

A objeto de contar con información de empresas y profesionales de la industria eléctrica, la carrera de Ingeniería Eléctrica envió cartas solicitando recomendaciones orientadas a confeccionar un perfil actualizado en la formación del ingeniero electricista en nuestra carrera.

Se recibieron las notas de respuesta de entidades, empresas e industrias del sector eléctrico, de acuerdo al siguiente detalle:

- Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC).
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN).
- Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A. (COBEE S.A.).
- Hidroeléctrica Boliviana (HB S.A.).
- Empresa Nacional de Electricidad – Servicios y Construcciones (ENDE SYC).
- Consultora y Servicios de Ingeniería (SERING SRL)
- Empresa Minera San Cristóbal (EMS S.A.)
- Colegio de Ingenieros Electricistas y Electrónicos de La Paz (CIEE-LP)

Asimismo, se tienen las notas enviadas por profesionales del sector:

- PhD. Ing. Francisco Triveño V.

- Ing. Raúl Saavedra C.
- Ing. Simón Samán S.

Todas las notas mencionadas se adjuntan en el Anexo A.

### **3. Presentaciones sobre necesidades del sector eléctrico**

Se enviaron invitaciones a empresas e industrias del sector eléctrico, motivo por el cual realizaron presentaciones vía internet mediante *Zoom* de acuerdo al siguiente orden:

- PhD. Ing. Francisco Triveño V. (EMBRAER S.A. Brasil)
- Ing. Juan Marcelo Torrez B. (CNDC)
- Ing. Oscar Zamora A. (COBEE S.A.)
- Ing. Simón Samán S. (HIDROELECTRICA BOLIVIANA S.A.)
- Ing. Javier Pérez P. (DELAPAZ S.A.)

Los videos de las Presentaciones se adjuntan en el Anexo B.

A continuación, se resume las necesidades presentadas y expresadas por cada participante descrito anteriormente.

#### **3.1. PhD. Ing. Francisco Triveño V. (EMBRAER S.A. Brasil)**

En su exposición recomienda, que el Ingeniero Electricista en Bolivia debe ser capaz de analizar y resolver problemas; conocer y manejar paquetes de modelamiento y simulación como, por ejemplo: *Mathematica TM*, *Matlab Simulink* y otros.

Asimismo, la Carrera y la Universidad Boliviana en general debe considerar implementar:

- Los programas de maestrías y doctorado, que deben ser serios y altamente calificados.
- La educación debe ser reformulada.
- Revisar concurso de MERITOS y exámenes de competencia.
- El Docente debería producir libros, artículos, patentes.
- El Docente debería ser sujeto de evaluación, en cuanto a la transmisión de conocimientos de su asignatura.
- Los Docentes investigadores deben ser proactivos.
- La CEUB debe ser reestructurada, de política a técnico-académica.
- Traer Profesores del exterior, capacitados para aumentar la calidad educativa. Se requiere cambiar reglamentos internos.
- Se debe crear un centro de desarrollo de tecnología.
- Un docente investigador debe estar actualizado siempre, tratar problemas específicos de las industrias y resolverlas.

### 3.2. Ing. Juan Marcelo Torrez B. (CNDC)

En su exposición describe las competencias y áreas de trabajo en el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC):

- Área de Operaciones de SIN
  - Sistemas eléctricos.
  - Programaciones operativas.
  - Análisis de sistemas eléctricos.
  - Análisis de fallas y operación de protecciones.
  - Sistemas SCADA. Este año se puso en marcha un nuevo sistema SCADA en el CNDC (SCADA SP7).
  - Protecciones de Sistemas Eléctricos.
  - Supervisión de puesta en servicio de nuevas instalaciones.
  - Fiscalización del esquema EDAC.
- Área de administración del sistema eléctrico
  - Planificación de la operación de los sistemas eléctricos.
  - Manejo de un banco portátil de calibración de medidores trifásicos.
- Área de planificación
  - Planificación de sistemas eléctricos a partir de estudios energéticos, eléctricos y económicos.
  - Expansión del SIN.
  - Análisis y Evaluación de proyectos de generación y transmisión.
  - Manejo de registrador de eventos para la determinación de modelos matemáticos de reguladores de velocidad y tensión.

Conocer y manejar paquetes de modelamiento y simulación, por ejemplo:

- *DlgSILENT*
- *Computer – Aided Protection Engineering (CAPE)*, utilizado para la Coordinación de protecciones.
- *ATP-EMTP*, utilizado para transitorios electromagnéticos.
- *MATLAB/Simulink*, utilizado para análisis de sistemas de potencia.
- *Transview COMTRADE OMICRON*, análisis de registros de eventos.
- Despacho Hidrotérmico Estocástico con Restricciones de Red (*SSDP*) - programación de mediano plazo.
- Programación de la Operación a Corto Plazo (*NCP*).
- Modelo de Planificación de la Expansión de Generación e Interconexiones Regionales (*OptGen*).
- *Net Plan*, modelo para la planificación de expansión de la transmisión. Sistema integrado de análisis de planificación de expansión de transmisión.
- *Eviews* y el paquete *R*, para el análisis estadístico.
- *Statistics*, Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (*SPSS*).
- *ArcGIS*, modelo de información geográfica para georeferenciación de los sistemas.
- Lenguaje de programación *Python*.
- *PRIMEREAD*, gestión remota de medidores de energía eléctrica, para la verificación de dos medidores de energía de distintos fabricantes.

También menciona la importancia de conocer el idioma inglés, Energías Renovables y Tecnologías de Control de Reactivos (STATCOM).

### **3.3. Ing. Oscar Zamora A. (COBEE S.A.)**

En su exposición da énfasis a las perspectivas y competencias del profesional en el sector eléctrico:

- Propósito
  - Brindar soluciones energéticas, innovadoras y sostenibles para desarrollar cada caso, empresa, ciudad y país.
- Aspiración
  - Excelencia operativa.
  - Renovación del portafolio de negocios.
  - Creación de nuevas soluciones energéticas.
- Principios culturales
  - Consideración de todos los actores, enfocados en crear valor.
  - La ética guía nuestros actos.
  - Somos un equipo empoderado y responsable e impulsamos el cambio.
- ¿Qué son las competencias y por qué son importantes?
  - Nos permiten desarrollarnos como profesionales de éxito.
- Tipos de competencias
  - Organizacionales
  - Enfoque en el cliente, orientación a resultados, colaboración a todo nivel y generación de confianza hasta el nivel jerárquico.
  - Competencias para mandos medios.
  - Comunicación efectiva, liderazgo, firmeza, trabajo en equipo, responsabilidad y visión.
- Habilidad
  - Capacidad para hacer algo correctamente y con facilidad.
    - Habilidades Blandas: Sociales, comunicación, forma de ser, de acercamiento a los demás. Capaz de relacionarse con los demás y comunicarse de manera efectiva.
    - Habilidades Duras: Relacionado al conocimiento, deben responder de manera flexible e innovadora a las necesidades de la industria.
- Actitudes
  - Formas en las que afrontamos una situación.  
(Conocimiento + Habilidades) \* Actitud = Éxito  
La actitud es fundamental en el desarrollo profesional.

### **3.4. Ing. Simón Samán S. (HIDROELECTRICA BOLIVIANA S.A.)**

En su exposición menciona que el futuro Ingeniero Electricista debe tener:

- Aspectos Tecnológicos

- Máxima atención para garantizar la asimilación de los fundamentos de la electrotecnia.
- Se trata de formar el ingeniero potencial, no el actual.
- Preparar al ingeniero para resolver problemas cotidianos, la lucidez del ingeniero.
- El ingeniero debe prepararse para tomar decisiones.

Se dice que el Ingeniero llega a la madurez profesional a los 10 años del ejercicio de su profesión.

- Aspectos Específicos

Desafíos actuales relacionados con la demanda de electricidad renovable y limpia por el compromiso con el medioambiente.

- Energía solar, eólica, hidrógeno verde.
- Estudio de la electrónica de potencia, base de las tecnologías para el uso eficiente de la energía.
- Mantenimiento de redes - Restricciones impuestas por la sociedad
  - Soluciones creativas para explotar eficientemente las instalaciones existentes por periodos más largos.
  - Estudio de nuevas tecnologías como canalización subterránea, instalaciones compactas, repotenciación de instalaciones existentes.
- La ingeniería como servicio
  - El Ingeniero junior, cuando sale a buscar a una Distribuidora, Generadora, etc. Debe saber cómo hacer la gestión de los programas de mantenimiento.
- Aspectos sociales
  - Aprendizaje de por vida en la ingeniería.
    - Hay maestrías que la industria la está valorando actualmente.
    - Desarrollar la capacidad autodidacta de la ciencia de la ingeniería
    - Responder a la presión global del mercado laboral con la formación continua.
  - Creatividad
    - Aplicación creativa de la ciencia básica y exposición tecnológica de la ciencia aplicada.
  - Habilidades gerenciales
    - Proporcionar al ingeniero elementos de progreso en su carrera profesional.
    - Proporcionar habilidad que permitan lograr esfuerzo multidisciplinarios, planear, lograr acuerdos, coleccionar y filtrar información que sea relevante para la toma de decisiones.
- Habilidades genéricas
  - Liderazgo, trabajo en equipo.
    - Influenciar en otras personas que siguen al individuo

- Capacidad de tomar decisiones y asistir a los miembros del equipo y subordinados con la idea de maximizar el uso de recursos.
- Destrezas lingüísticas (Oral-Escrita).
  - Redacción adecuada, elección de palabras adecuadas
  - Otorgar habilidad para el pensamiento lógico, el uso apropiado de los conceptos entablando relaciones entre los mismos.
  - Comunicación oral, especialmente, los directores, jefes o empresarios juzgan por la coherencia y seguridad.
- Conocimiento en idiomas extranjeros.
  - El idioma inglés aumenta la competitividad del Ingeniero y genera oportunidades en la actualización profesional.
  - Promover actividades de extensión universitaria para la enseñanza de otras lenguas.
- Ética en el ejercicio de la profesión.
  - Se debe reconocer impactos positivos y negativos, de las soluciones particulares de la ingeniería que recomienden, en lo técnico, económico y social.

A preguntas realizadas por los asistentes, recomienda incorporar una materia de liderazgo, porque "en una empresa se tiene en frente grupos de persona con las que se tiene que relacionar, la actitud puede marcar la diferencia". También recomienda el inglés técnico con una formación intermedia y en forma autodidacta.

### **3.5. Ing. Javier Pérez P. (DELAPAZ S.A.)**

En su exposición describe las competencias del Ingeniero Electricista por áreas de trabajo en la empresa de DELAPAZ S.A.:

- Área Comercial
  - Tarifación
  - Circuitos eléctricos
  - Medición
  - Instalaciones
  - Varios
    - Idioma nativo y extranjero
    - Redacción comercial. - Redacción de cartas, informes, etc.
    - Computación (Análisis de datos)
- Área Financiera
  - Normalización
  - Sistemas de gestión de la calidad
  - Varios
    - Redacción comercial. - Redacción de cartas, informes, etc.
    - Computación (Análisis de datos)
- Área Técnica
  - Sistemas eléctricos de potencia
  - Protecciones
  - Automatización



- Diseño y construcción de redes eléctricas
- Circuitos eléctricos
- Medición
- Gestión de mantenimiento
- Gestión de activos
- Gestión ambiental
- Seguridad industrial
- Varios
  - Idioma nativo y extranjero
  - Redacción técnica. - Redacción de cartas, informes, etc.
- Recomendaciones
  - Se debe incluir la Automatización – Subestaciones y *Smart Grid*.
  - Computación – Análisis de datos – *Business Intelligence (Data Manager)*.
  - Gestión de mantenimiento y gestión de activos.
  - Seguridad Industrial.
  - Destreza lingüística – La forma de expresarse y redacción técnica.
  - Idiomas.

#### 4. Matriz de Coincidencias

Se elaboraron la matriz de coincidencias de las notas recibidas y la matriz de coincidencias de las exposiciones.

##### 4.1 Matriz de Coincidencias de las notas recibidas

De las notas recibidas de empresas y entidades del sector eléctrico y mediante consultas a profesionales del sector eléctrico, se elaboró un análisis de las principales recomendaciones realizadas, utilizando la matriz de coincidencias de los requerimientos y necesidades que resume el perfil del Ingeniero Electricista:

Cuadro N°1

Matriz de Coincidencias de notas recibidas

NOMBRE DE LA EMPRESA	ENDE SYC	CIEE-LP	HB	COBEE	SERING	CNDC	AETN	SAN CRISTÓBAL	INGENIEROS DEL SECTOR	DOCENTES COLABOR.	COINCIDENCIAS
ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS MT Y BT	SI	SI									2
IDIOMAS	SI		SI	SI	SI		SI	SI	SI		7
MANEJO DE SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	SI				SI	SI	SI		SI	SI	6
PLANIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO		SI			SI	SI					3
ESTACADO Y DENSIFICACIÓN DE REDES		SI									1
DISEÑO Y CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA		SI								SI	2
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	9
CUIDADO AMBIENTAL			SI					SI			2
SEGURIDAD INDUSTRIAL			SI					SI		SI	3
FUNCIONAMIENTO/ REGULACIÓN DEL MERCADO ELÉCTRICO			SI			SI					2
CONCEPTOS ECONÓMICOS			SI				SI				2
ORIENTACIÓN A LOS RESULTADOS				SI				SI			2
ORIENTACIÓN EN EL CLIENTE				SI							1
CONOCIMIENTO DE NORMATIVAS					SI		SI			SI	3
EVALUACIÓN DE PROYECTOS/ PRESENTACIÓN DE LICITACIONES		SI	SI		SI	SI		SI		SI	6
VALORES Y HABILIDADES BLANDAS				SI			SI	SI	SI		4
HABILIDAD DE CONDUCCIÓN VEHICULAR				SI							1
INVESTIGACIÓN							SI		SI		2
AMPLIACIÓN DE CONOCIMIENTOS MATEMÁTICOS					SI				SI		2
ESTUDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES							SI		SI	SI	3
LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN									SI		1

En la matriz de coincidencias se puede observar que existen cinco requerimientos mencionados con mayor frecuencia, como son: Operación y Mantenimiento de Equipos, Idiomas (inglés), Manejo de Sistemas de Programación y Automatización, Evaluación de Proyectos / Presentaciones de Licitaciones y Valores y habilidades blandas (Trabajo en equipo, Ética, Capacidad de comunicación y Liderazgo).

#### 4.2 Matriz de Coincidencias de las exposiciones

Se elaboró la matriz de coincidencias correspondientes a las exposiciones realizadas en la segunda Jornada Académica relacionada al perfil del Ingeniero Electricista:

Cuadro N°2

Matriz de Coincidencias de las exposiciones

EXPOSITOR - EMPRESA	ING. TRIVEÑO EMBRAER	ING. TORREZ CNDC	ING. ZAMORA COBEE	ING. SAMAN HB	ING. PEREZ DELAPAZ	COINCIDENCIAS /3
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	SI				SI	2
MODELADO MATEMÁTICO	SI	SI				2
PROGRAMACIÓN	SI	SI			SI	3
OPTIMIZACIÓN - DOMÓTICA	SI					1
ENERGÍAS RENOVABLES		SI	SI	SI		3
COMUNICACIÓN - LIDERAZGO			SI	SI	SI	3
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			SI	SI	SI	3
HIDRÓGENO VERDE			SI			1
SISTEMAS DE TRANSPORTE >500 KV (AC-DC)			SI			1
INGLÉS		SI		SI	SI	3
CREATIVIDAD	SI			SI		2
ANÁLISIS	SI			SI		2
ÉTICA PROFESIONAL			SI	SI		2
CONCEPTOS ECONÓMICOS					SI	1
CONTROL DE REACTIVOS (STATCOM)		SI				1
ÉNFASIS EN LOS FUNDAMENTOS ELECTRICTÉCNICOS				SI		1
REDACCIÓN - REDACCIÓN TÉCNICA				SI	SI	2
IDIOMA NATIVO					SI	1
SEGURIDAD INDUSTRIAL					SI	1

En la matriz de coincidencias se puede observar que existen once recomendaciones y necesidades con mayor frecuencia, como son: Programación, Energías Renovables, Comunicación – Liderazgo, Operación y Mantenimiento, inglés, Automatización y Control, Modelado Matemático, Creatividad, Análisis, Ética Profesional y Redacción.

#### 5. Conclusiones y Recomendaciones

De las notas recibidas y de las exposiciones realizadas en la Segunda Jornada Académica, donde se muestra las necesidades del sector eléctrico, se concluye y recomienda tomar en cuenta las competencias con las que debe contar el profesional recién graduado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de acuerdo al siguiente detalle:

Competencias Generales:

- Conocimientos sólidos en Ingeniería Eléctrica.
- Conocimiento en Modelamiento matemático y programación informática.

- Conocimiento de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.
- Conocimiento del idioma inglés e idiomas nativos.
- Tener altos valores, ética profesional y honestidad.
- Tener facilidad de comunicación y liderazgo.
- Tener capacidad en investigación y aprendizaje autodidacta.
- Tener análisis lógico, creatividad y actitud propositiva.
- Redacción comercial y técnica.
- Habilidad y manejo de vehículos livianos.

### Competencias Específicas

- Conocimientos sólidos en Diseño, Construcción y Mantenimiento de Líneas de AT, MT y BT.
- Conocimientos sólidos de Planificación del sector eléctrico.
- Conocimiento de normativas, reglamentos y funcionamiento del mercado eléctrico.
- Conocimientos en actividades de Mantenimiento de Centrales eléctricas y Subestaciones eléctricas.
- Conocimiento de material y equipamiento eléctrico.
- Conocimiento en Energías Renovables.
- Conocimiento en el manejo de Bases de Datos y Análisis de datos.
- Conocimiento Manejo adecuado de paquetes especializados de modelamiento y simulación.
- Conocimiento en Automatización de Subestaciones y Smart Grid.
- Administración de Recursos Humanos.

Además de los aspectos de mayor coincidencia consideramos prestar especial atención a algunas de las recomendaciones del Doctor Francisco Triveño, relacionadas hacia una administración del régimen Docente que permita una evaluación más efectiva en cuanto a la transmisión del conocimiento al estamento estudiantil.

Por otra parte, un aspecto sumamente importante a ser considerado en los futuros ingenieros es la recomendación impartida por el Ing. Zamora en relación a incrementar la demanda energética en forma productiva en vista de tener potencia disponible para varios años, para tal efecto.

Asimismo, observamos una importante coincidencia en relación a la ética del profesional que se ve reflejada en un desempeño transparente y correcto a lo largo de su vida profesional con la empresa y la sociedad.

### Referencias

- Honorable Consejo de Carrera de Ingeniería Eléctrica, Resolución N° 84/2021.
- Honorable Consejo Facultativo, Resolución N° 515/2021.
- Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, gestión 1982.

## Anexos


- Anexo A: Notas de respuestas de entidades, empresas y profesionales del sector eléctrico.
- Anexo B: Videos de las presentaciones correspondientes a los días 22 y 23 de julio de 2021.



MSc. Ing. Juan Víctor Amonzabel H.  
C.I. 2344414 LP



Ing. Rómulo Encinas Laguna  
C.I. 3345084 LP



Univ. Alan Maximiliano Sandoval Ortiz  
C.I. 5995165 LP



Univ. Cristian Limachi Ochoa  
C.I. 6800986 LP

ANEXO A

Cochabamba, 9 de julio de 2021  
CNDC 1212-21

Señor  
Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez  
**DIRECTOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
La Paz

De nuestra consideración:

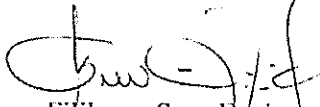
**Ref.: Solicitud de Información**

Mediante la presente, damos respuesta a su nota ING.ELT.CORR. N°581/2021 de fecha 01/07/2021, mediante la cual, informan que la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la UMSA, se encuentra elaborando un nuevo Plan de Estudios; con ese fin, solicitan la opinión de CNDC sobre *las competencias mínimas que debe contar un ingeniero electricista en función de las áreas de trabajo o actividad*. Asimismo, solicitan realizar una presentación sobre estas competencias, en la "Segunda Jornada Académica Virtual" de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, que se llevará a cabo en fechas 22 y 23 de julio de la presente gestión.

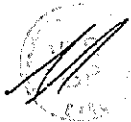
Al respecto, en Anexo encontrarán información de las funciones del CNDC y los conocimientos, en la operación y administración del Sistema Eléctrico Boliviano y su participación en la planificación de la expansión del Sistema Interconectado Nacional.

Con relación a la presentación virtual programada de las competencias mínimas, se ha designado al ingeniero Juan Marcelo Torrez Baltazar, quien se pondrá en contacto con el personal encargado, a través del correo electrónico proporcionado.

Con este motivo, nos es grato saludarlo atentamente.

  
Ing. Filiberto Soto Encinas  
**PRESIDENTE**

ENG/lgs



## **DESCRIPCION DE ACTIVIDADES COMITÉ NACIONAL DE DESPACHO DE CARGA**

A continuación, se detalla las actividades técnicas que se realizan en las áreas de operación, administración y planificación del CNDC.

### **Área de Operación del SIN**

El Área de Operación del SIN, encargada de la coordinación de la operación en tiempo real y análisis del Sistema Interconectado Nacional, cuenta con profesionales con experiencia en operación de sistemas eléctricos, programación operativa, optimización de sistemas hidrotérmicos, sistemas SCADA, análisis de sistemas eléctricos, análisis de fallas, protecciones de sistemas eléctricos y supervisión de puesta en servicio de instalaciones eléctricas.

Los profesionales de esta área, también cuentan con conocimientos en el manejo de un equipo de pruebas de inyección secundaria a equipos de control/protección.

### **Área de Administración del Sistema Eléctrico**

El Área de Administración del Sistema Eléctrico, es encargada de administrar el Mercado Eléctrico Mayorista cumpliendo las disposiciones de la Ley de Electricidad, cuenta con profesionales con experiencia en planificación de la operación de sistemas eléctricos, economía de la energía, regulación de servicios públicos, análisis de mercados, control estadístico, sistemas de medición y administración de transacciones económicas en mercados eléctricos.

Los profesionales de esta área, también cuentan con conocimientos en el manejo de un banco portátil de calibración de medidores trifásicos de energía eléctrica.

### **Área de Planificación**

El Área de Planificación encargada de participar en la planificación de la expansión del SIN bajo las directrices del Ministerio de Hidrocarburos y Energías y otras entidades llamadas por Ley, cuenta con profesionales con experiencia en: planificación de sistemas eléctricos a partir de estudios energéticos, eléctricos y económicos; modelos hidrológicos, proyección de la demanda de energía eléctrica de mediano y largo plazo, análisis y evaluación de proyectos de generación y transmisión, elaboración y revisión de estudios eléctricos y evaluación del funcionamiento del SIN en el mediano y largo plazo.

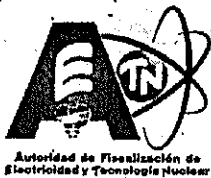
Los profesionales de esta área, también cuentan con conocimientos en: el manejo de un equipo registrador de eventos, para la determinación de modelos matemáticos de los sistemas de regulación de velocidad, tensión y del estabilizador de potencia de unidades de generación, así como en estadística y modelos econométricos.

## **Programas especializados**

Los siguientes programas especializados se usan para los análisis eléctricos y energéticos en las áreas mencionadas del CNDC:

- ✓ Software de análisis AC de Sistemas de Potencia-Power Factory de DIGSILENT
- ✓ Computer-Aided Protection Engineering (CAPE)
- ✓ Software de análisis de transitorios electromagnéticos-Alternative Transient Program (ATP-EMTP)
- ✓ Software de cálculo matemático MATLAB/Simulink
- ✓ Análisis de registros de eventos - Transview (COMTRADE)
- ✓ Despacho Hidrotérmico Estocástico con Restricciones de Red (SDDP)
- ✓ Programación de la Operación a Corto Plazo (NCP)
- ✓ Modelo de Planificación de la Expansión de Generación e Interconexiones Regionales (OptGen)
- ✓ Modelo para la planificación de expansión de la transmisión (NetPlan)
- ✓ Modelo de análisis estadístico Eviews, R.
- ✓ Statistics Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS)
- ✓ Modelo de información geográfica ArcGIS
- ✓ Lenguaje de programación Phyton.
- ✓ Gestión remota de medidores de energía eléctrica (PRIMEREAD)



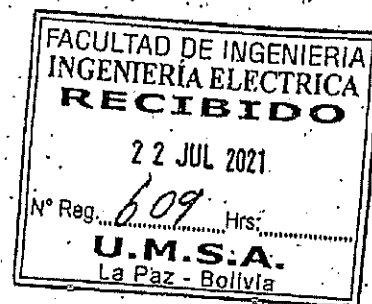


CITE: AETN-2465-DOCP1-180/2021

TRAMITE:

Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear  
Jueves, 22 de Julio de 2021  
[La Paz - Bolivia]

Señor  
Rodmy Adalid Miranda Ordoñez  
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
Presente.



De mi consideración:

Ref.: Su Nota ING.ELT.CORR. N° 583/2021

Cursa en la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), la nota de la referencia recibida con Registro N° 11411 de 02 de julio de 2021, mediante la cual solicita proporcionar las competencias mínimas con las que debe contar un ingeniero electricista en función de las áreas de trabajo o actividad.

En atención a su requerimiento, a continuación se exponen las competencias personales y profesionales requeridas para el desempeño laboral en el sector regulatorio:

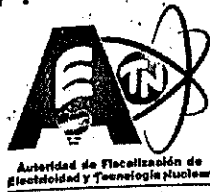
### 1. Formación Académica

Ingeniero Electricista, con enfoque en alguno de los siguientes aspectos:

- *Operación y mantenimiento de Instalaciones Eléctricas.*
- *Cálculo de inversiones, precios y tarifas.*
- *Generación Distribuida.*
- *Energías Renovables.*
- *Energías Alternativas.*
- *Sistemas Aislados.*
- *Economía de la Regulación.*

### 2. Habilidades personales

- *Vocación de servicio.*
- *Lectura, comprensión, aprendizaje y aplicación de textos académicos.*
- *Comunicación y transmisión de información de forma escrita.*
- *Adaptabilidad a nuevas tecnologías y/o metodologías.*
- *Orientación a la innovación e investigación.*
- *Pensamiento crítico y capacidad de resolver problemas.*



### 3. Visión de futuro

Considerando la irrupción de temas medioambientales en general y de nuevas tecnologías en el sector energético en particular, en el futuro inmediato y a largo plazo se requerirán profesionales formados en regulación de los siguientes aspectos:

- *Generación limpia.*
- *Generación por energías alternativas.*
- *Tecnologías emergentes.*
- *Movilidad eléctrica.*

### 4. Formación complementaria

- Equipos analizadores de redes.
- Equipos de medición de energía eléctrica tipo Domiciliario e Industrial.
- Software especializado de análisis: diseño, monitoreo, control, supervisión y análisis de fallas de instalaciones eléctricas.
- Ejecución de proyectos de inversión y/o pre-inversión de instalaciones eléctricas.
- Puesta en servicio de instalaciones eléctricas (conocimiento de equipos).
- Tecnologías Disruptivas:

*Medición Inteligente.*

*Sistemas de Información Geográfica, cartografía y equipos de navegación.*

*Lenguajes de programación actualizados.*

*Inteligencia Artificial y Business Intelligence.*

- Conocimientos de varias de las siguientes normas:

*La Ley N° 1604 de Electricidad, de fecha 21 de diciembre de 1994.*

*La Ley N° 2341 de 23 de abril de 2002 de Procedimiento Administrativo.*

*La Ley N° 453, Ley General de los Derechos de las Usuarías y los Usuarios y de las Consumidoras y los Consumidores, de fecha 04 de diciembre de 2013.*

*El Reglamento de Concesiones, Licencias y Licencias Provisionales (RCLLP), aprobado mediante Decreto Supremo N° 24043 de fecha 28 de junio de 1995.*

*El Reglamento de Uso de Bienes de Dominio Público y Constitución de Servidumbres (RUBDPCS), aprobado mediante el Decreto Supremo N° 24043 de 28 de junio de 1995.*

*El Reglamento de Infracciones y Sanciones (RIS), aprobado mediante el Decreto Supremo N° 24043 de 28 de junio de 1995.*

*El Reglamento de Calidad de Transmisión, aprobado mediante Decreto Supremo N° 24711 de fecha 17 de julio de 1997.*

*El Reglamento de Precios y Tarifas (RPT), aprobado mediante el Decreto Supremo N° 26094 de 02 de marzo de 2001.*



El Reglamento de Operación del Mercado Eléctrico (ROME), aprobado mediante el Decreto Supremo N° 26093 de 2 de marzo de 2001.

El Reglamento de Servicio Público de Suministro de Electricidad (RSPSE) aprobado mediante Decreto Supremo N° 26302 de 1 de septiembre de 2001.

El Reglamento de Calidad de Distribución de Electricidad (RCDE), aprobado mediante Decreto Supremo N° 26607 de fecha 20 de abril de 2002.

La Norma Boliviana NB 777, Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en Baja Tensión, IBNORCA.


Normas Operativas del Comité Nacional de Despacho de Carga

- Idiomas

- Idioma extranjero.

- En cumplimiento a la ley N° 269, idioma o lengua originaria campesina.

Con este motivo, saludo a usted atentamente,

  
Eusebio L. Aruquipa Fernández  
DIRECTOR EJECUTIVO  
AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN DE  
ELECTRICIDAD Y TECNOLOGÍA NUCLEAR

DOCP1 180/2021

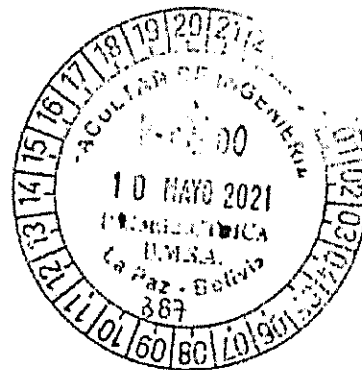


Nota AETN-DOCP1 N°180/2021 Página 3 de 3



La Paz, 6 de mayo de 2021  
L-RH-0468-2021

Señor  
Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez  
Director Carrera de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería - Universidad Mayor de San Andrés  
Presente.-



Ref.: Respuesta a su nota ING.ELT.CORR. N°234/2021

De nuestra consideración:

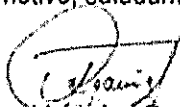
En respuesta a nota de referencia mediante la presente, tenemos a bien proporcionarle la información solicitada:


- a) Número de profesionales Ingenieros Eléctricos. Actualmente nuestra empresa cuenta con 30 profesionales de las ramas de Ingeniería Eléctrica o Electromecánica con enfoque en el área de operación y mantenimiento de nuestras instalaciones de generación y transmisión.
- b) En función del cargo que vayan a asumir se valora principalmente el conocimiento técnico, con un fuerte enfoque en las siguientes competencias:
  - Orientación a los resultados
  - Orientación en el cliente (interno y externo)
  - Sentido de colaboración
  - Generación de confianza

Entre las competencias técnicas deseamos remarcar la operación y mantenimiento de instalaciones de generación, transmisión, subestaciones de potencia, sistemas de control y protección.

Asimismo, entre los aspectos complementarios que se valoran positivamente consideramos importante recomendar el desarrollo de habilidades comunicacionales y liderazgo, además del conocimiento del idioma inglés y la capacidad de conducción vehicular.

Con este motivo, saludamos a usted atentamente.

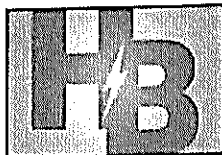
  
Verónica García A.  
Subgerente de Recursos Humanos

  
Oscar Zamora A.  
Gerente de Operaciones

cc.Arch

Calle 15 de Calacoto, Edificio  
Fergal No. 8089, Primer piso.  
La Paz - Bolivia

t +591 22186500



**HIDROELECTRICA  
BOLIVIANA S.A.**

La Paz, 3 de mayo de 2021

CITE: HB-GLE-0194.21

Señor

Rodmy Adalid Miranda Ordoñez

Director

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA FACULTAD DE INGENIERIA - UMSA

Presente



Ref.: Su nota ING. ELT. CORR. Nro. 334/2021

De nuestra consideración:

En atención al requerimiento de información que nos hizo llegar mediante la nota de referencia, comunicamos a usted lo siguiente:

- 1) El número de profesionales con formación/licenciatura en Ingeniería Eléctrica que demanda Hidroeléctrica Boliviana S.A. (HB) para desarrollar las actividades de operación y mantenimiento de las instalaciones de generación de electricidad es de quince (15) a nivel anual, entre personal propio y eventual.
- 2) Los profesionales contratados por HB deben tener una sólida formación en ciencia e ingeniería, ser competentes en las áreas de operación/mantenimiento de sistemas eléctricos de potencia y en el control/automatización de éstos. Dado el acelerado desarrollo de las tecnologías de información y del aprovechamiento de energías alternativas, es imprescindible que los futuros profesionales también adquieran conocimientos en estos campos.

Adicionalmente, para HB es importante que los profesionales a cargo de dichas tareas comprendan la importancia de la conservación ambiental, la seguridad en el trabajo, el respeto por las comunidades y grupos de interés, así como tengan nociones claras del funcionamiento del mercado eléctrico, su regulación y los conceptos económicos que le atañen, para lograr los objetivos de sostenibilidad y eficiencia de la operación de una central de generación de electricidad.

Debido a que entre las funciones importantes que desempeñan los ingenieros contratados por HB, están la dirección y coordinación de grupos/equipos de trabajo y proyectos, consideramos importante que los nuevos ingenieros adquieran conocimientos en el campo administrativo/financiero, específicamente en administración de recursos humanos, motivación y liderazgo y evaluación y gestión de proyectos.

Entre otras competencias y habilidades importantes, consideramos que una adecuada comprensión, expresión oral y escrita en el idioma inglés, son indispensables para la revisión de literatura técnica, así como para la comunicación y relacionamiento con pares internacionales en el mundo globalizado.

Finalmente, para que los futuros ingenieros eléctricos sean profesionales idóneos, consideramos importante que les sea inculcado en sus centros de formación nociones de moral y ética aplicadas al ejercicio de la profesión.

Con tal motivo, nos es grato saludarle.

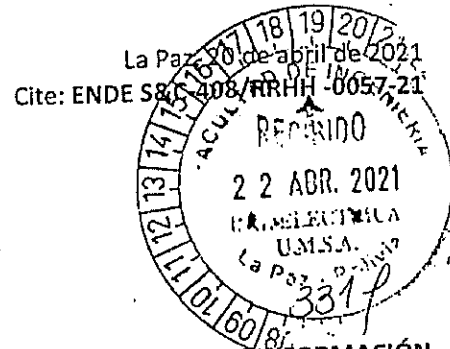
Atentamente,

**HIDROELÉCTRICA BOLIVIANA S.A.**



Gastón Lemaitre L.

Gerente de Operación y Mantenimiento



Señor:  
Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - UMSA  
Presente. -

Ref. RESPUESTA A SU SOLICITUD DE INFORMACIÓN


De mi mayor consideración:

En atención a su nota de solicitud de información con cite ING. ELT. CORR. N°236/2021 de fecha 8 de abril de 2021, en la que requieren conocer el número de profesionales (Ingenieros Eléctricos) que nuestra institución demanda y las competencias mínimas que con las que deberían contar estos profesionales, cabe señalar lo siguiente:

1. ENDE Servicios y Construcciones es una sociedad comercial que se dedica a la prestación de Servicios Técnicos como la Construcción y Montaje de Líneas de Transmisión, Subestaciones de Potencia, Redes de Media, Baja Tensión y Montajes e Instalaciones Industriales, por lo que la demanda de personal se encuentra en función a la adjudicación de proyectos y/o servicios, sin embargo y en atención a lo descrito por la Gerencia Comercial y Gerencia Técnica, se estima que anualmente se requiere alrededor de diecisiete (17) Ingenieros eléctricos, para el cumplimiento de nuestras actividades.
2. Las competencias con las que los profesionales en el rubro eléctrico (Ingenieros Eléctricos) deberían contar son:
  - 2.1. Personal con experiencia y formación en Distribución, Transmisión y Generación de energía además de conocimientos en estándares constructivos de líneas de media y baja tensión.
  - 2.2. Conocimiento de Idiomas nativos (Aimara) y de Inglés a nivel avanzado.
  - 2.3. Teniendo en cuenta la tendencia de la renovación constante de la tecnología, el profesional deberá tener conocimientos en manejo de nuevos sistemas y equipos, enfocados en la eficiencia, automatización y programación.
  - 2.4. El profesional requiere también de Liderazgo, para guiar al personal a su cargo y Resiliencia, para adaptarse a las distintas situaciones y condiciones del trabajo a realizar.

Esperando que todos los aspectos descritos colaboren con la formación de los profesionales, saludo a usted atentamente.



  
Lic. Lizeth G. Botello Avalos  
GERENTE ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO  
ENDE SERVICIOS Y CONSTRUCCIONES S.A.

C.c.: Arch  
FILE PERSONAL  
/LBA/OAC/sct

# **SERING s.r.l.**

CONSULTORA Y SERVICIOS DE INGENIERIA

Cochabamba, 12 de julio de 2021  
GGER-021/2021

Señor:  
Ing. Rodny A Miranda O.  
DIRECTOR  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
FACULTAD DE INGENIARA  
La Paz.-

Atn.: Ing. Juan V. Amonzabel H.

Ref.: SU CITE ING.ELT.CORR. N° 591/2021

De nuestra consideración:

En atención a su gentil solicitud, adjunto ponemos a vuestra consideración nuestra opinión sobre las "Competencias Mínimas" que se espera de un profesional en el sector de la ingeniería eléctrica.

Esperemos que nuestra contribución sirva de ayuda en la formación de los futuros profesionales y porque no de los recién egresados y en el ejercicio de tan noble e importante profesión.

Agradecemos y felicitamos por la iniciativa de esa casa superior, en el interés por la formación de profesionales con aporte de calidad y eficiencia para nuestro sector y la sociedad.

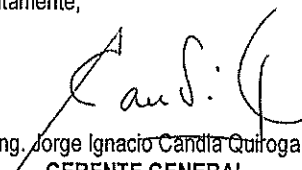
Se deben formar profesionales mirando el mercado del futuro, sin descuidar el presente y tomado lo mejor del pasado.

El suscrito, fue en su momento el futuro, ahora es el pasado pero esta en el presente, que paradójico.

Pro como dijo Newton "Si llegue tan alto es porque subí por espaldas de gigantes" no soy ni la sombra de EL soy una nebulosa, Pero llegue donde estoy gracias a las espaldas de mis maestros que, por educación, no los nombrare, pero fueron gigantes en mi formación.

Pues antes de cualquier cambio haremos el mejor esfuerzo para contar con los mejores profesores, fuera de todo dogma, escojamos a los mejores, profesores, catedráticos, doctores; ningún cambio funcionará si no tenemos a los mejores en la educación.

Con este particular, saludamos a ustedes atentamente,

  
Ing. Jorge Ignacio Candia Quiroga  
GERENTE GENERAL  
SERING Srl.



# SERING s.r.l.

CONSULTORA Y SERVICIOS DE INGENIERIA

www.sering-srl.com  
Telf.: 591-4-4404141-4410773  
Email: info@sering-srl.com  
Cochabamba - Bolivia

## COMPETENCIAS MINIMAS DE UN PROFESIONAL

### Contenido

1. INTRODUCCION .....	3
2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA SERING S.R.L.....	3
3. OBJETO .....	3
4. DIAGNOSTICO SEGÚN EVALUACIÓN A PROFESIONALES JUNIORS DEL MERCADO .....	3
5. REFERENCIAS PARA LA FORMACIÓN FUTUROS PROFESIONALES EN EL SECTOR .....	4
a) Conocimientos básicos .....	4
b) Curricula académica o Pensum.....	5
c) Conocimiento Complementario.....	5
d) Conocimientos Especialización .....	5
e) Prácticas industriales .....	6
5.1 COMPETENCIAS GENERALES.....	7
6. CONCLUSIONES .....	7

## FORMACIÓN MÍNIMA INTEGRAL DE UN INGENIERO ELECTRICISTA.

### 1. INTRODUCCION

Habiendo recibido la invitación de la prestigiosa "Carrera de Ingeniería Eléctrica" de la Universidad Mayor de San Andrés, de la cual orgullosamente es suscrito salió profesional, para conocer nuestra opinión sobre las Competencias Minimas que debe tener un profesional del sector eléctrico; la empresa SERING S.R.L. tiene el agrado de poner a vuestra consideración un detalle de las competencias mínimas, las cuales reflejan el desarrollo de más de 30 años de actividades de SERING en el sector y de 40 años de ejercicio profesional del suscrito.

Estamos seguros que esta actividad será de mutuo beneficio para los futuros profesionales, así como para las empresas o instituciones donde brinden sus servicios y que mejor en la formación de nuevos emprendedores.

### 2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA SERING S.R.L.

SERING es una empresa privada boliviana de servicios de consultoría, montaje electromecánico y construcción de obras civiles, con un merecido prestigio adquirido a través del desarrollo exitoso de varios proyectos importantes en los sectores industrial, eléctrico y petrolero, nacional e internacional.

Habiendo logrado una posición de reconocido prestigio a nivel nacional, hemos expandido nuestros servicios también al ámbito internacional, con la ejecución de proyectos en Ecuador, Brasil y Perú, fortaleciendo de esta manera nuestras áreas de Producción, Calidad y HSE.

La misión de SERING desde su fundación FUE ES Y SERA:

- a) Ser una empresa emprendedora, creada con la misión del servicio a la sociedad, con calidad y excelencia.
- b) Crear fuentes de trabajo, con unión estratégica de confianza y fidelidad con nuestro recurso humano, en base a nuestra Gestión con Responsabilidad Social.
- c) Misión de servicio al cliente y al país, con calidad y eficiencia.
- d) Capacitación permanente de su recurso humano.

Las misiones antes indicadas solamente se pueden conseguir con recursos humanos calificados, en todas las áreas

### 3. OBJETO

Recomendar herramientas y criterios mínimos y útiles que contribuyan en la formación de futuros profesionales que permitan una formación académica de excelencia consolidado en un aporte efectivo y de calidad para la sociedad y principalmente al futuro de los profesionales.

### 4. DIAGNOSTICO SEGÚN EVALUACIÓN A PROFESIONALES JUNIORS DEL MERCADO

- a. No cuentan con compromiso y responsabilidad profesional, llegan al mercado laboral con la mentalidad de un estudiante.  
**Recomendación:** Se deben crear hábitos, de responsabilidad y compromiso, exigir en aulas hábitos de puntualidad, calidad, buena presentación de trabajos e informes.  
Se debe abolir los exámenes de segunda y tercera instancia, porque relajan la formación de profesionales, con ausencia de hábitos de calidad y compromiso profesional.
- b. No cuentan con compromiso de responsabilidad técnica, son inseguros a tiempo de aplicar sus conocimientos en actividades comunes y cotidianas.  
**Recomendación:**  
Se debe conseguir una sólida formación técnica en las áreas de producción dentro el mercado laboral.

# **SERING s.r.l.**

CONSULTORA Y SERVICIOS DE INGENIERIA

- c. No tienen el hábito de investigación técnica ni buscan aplicaciones que aporten con soluciones.  
**Recomendación:**  
Se debe incluir en la formación, actividades netamente de investigación, relacionada con las materias funcionales y los alumnos deben exponer en aula el producto y se debe calificar la exposición y presentación visual.
- d. Carecen absolutamente de hábitos de trabajo en equipo.  
**Recomendación:**  
Donde sea posible y principalmente en materias instrumentales y laboratorios, se deben desarrollar actividades de investigación con actividades y producto de trabajo en equipo.
- e. Se detecto formación muy básica en los Sistemas de Control, Protección, Automatización y telecomunicaciones aplicado a sistemas de potencia.  
**Recomendación. –**  
Formación mas dirigida y exigente en estas asignaturas.
- f. Se observo poco conocimiento sobre equipos y materiales eléctricos, principalmente en las características técnicas aplicables a diseños, en Baja. Media y alta tensión  
**Recomendación. –**  
Crear una o dos materias de tecnología de materiales y equipos eléctrico y electromecánicos.
- g. Mentalidad emprendedora.  
Se percibió poca actitud y ausencia de ambición y visión emprendedora.  
Poca o ninguna formación para análisis de costos y presupuestos.  
**Recomendación:**  
Mejorar actitud, preparación y nociones para la elaboración de presupuestos.
- h. **CONOCIMIENTO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS**  
  
Muy poco conocimiento en nuevas tecnologías como:  
  
Energías renovables:
  - i. Generación eólica
  - ii. Generación fotovoltaica.
  - iii. Generación a vapor.
  - iv. Generación ciclo combinados.
  - v. El hidrogeno como energía alternativa.

## **5. REFERENCIAS PARA LA FORMACIÓN FUTUROS PROFESIONALES EN EL SECTOR**

### **a) Conocimientos básicos**

Debe ser exigente la formación en las siguientes asignaturas:

- ✓ Matemáticas aplicadas de alto nivel.
- ✓ Física aplicada de alto nivel.
- ✓ Capacidad para crear modelos matemáticos y programación aplicada.

**b) Currícula académica o Pensum**

Muy poco puedo opinar sobre esta actividad, sin embargo, se debe en base a la experiencia y vivencias de nuestra empresa, se recomienda hacer hincapié en mejorar permanentemente la calidad de formación en las materias principales de la ingeniería eléctrica como:

- i. Maquinas eléctricas.
- ii. Subestaciones eléctricas, hasta 500 KV o más.
- iii. Líneas de transmisión eléctricas, hasta 500 o más KV.
- iv. Centrales hidroeléctricas
- v. Centrales termoeeléctricas a gas y de ciclo combinados
- vi. Sistemas de distribución eléctrica en Corriente continua para grandes consumos.
- vii. Redes inteligentes
- viii. Generación eólica
- ix. Generación Fotovoltaica
- x. El hidrogeno como energía alternativa.
- xi. El plasma como energía primaria.
- xii. Centrales de energía atómica.
- xiii. Conocimiento en análisis de sistemas eléctricos de potencia.
- xiv. Conocimiento en pruebas de equipos eléctrico de alta tensión.
- xv. Conocimiento en Telecomunicaciones aplicados a sistema eléctricos.
- xvi. Smart grids (redes inteligentes).
- xvii. Conocimiento de sistemas de medición comercial de energía eléctrica.
- xviii. Evaluación de proyectos.
- xix. Conocimiento del sistema eléctrico interconectado nacional las normas operativas del CNDC.
- xx. La legislación y normativa del sector.
- xxi. Conocimientos de ingeniería mecánica, como medios motrices.
- xxii. Conocimientos de ingeniería Civil.
- xxiii. Conocimientos de topografía básica, aplicada a ejecución de proyectos

**c) Conocimiento Complementario**

Indispensable con conocimiento a nivel superior:

- i. AUTOCAD
- ii. REVIT
- iii. PROJEC
- iv. EXEL,
- v. Word
- vi. Buena redacción y ortografía
- vii. Dominio del Inglés.
- viii. Recomendable Chino mandarín.

**d) Conocimientos Especialización**

Existen campos específicos en el sector eléctrico, con escasos profesionales con formación y especialización referidas a:

- i. Especialistas en Modelación e Estudios de Sistemas de Potencia, según las Normas Operativas del CNDC
- ii. Especialista en Control Protección automatización y Medición comercial.
- iii. Especialista en Sistemas de telecomunicaciones aplicadas.
- iv. Especialistas en Pruebas de Equipos de media, alta y extra alta tensión.

# SEIRING s.r.l.

CONSULTORA Y SERVICIOS DE INGENIERÍA

- v. Evaluación de proyectos.
- vi. Conocimiento del sistema eléctrico interconectado nacional.
- vii. Normas operativas del CNDC.
- viii. La legislación y normativa del sector.
- ix. Dominio del sistema energético nacional.
- x. Diagrama unifilar del sistema interconectado.
- xi. Conocimiento de los sistemas eléctricos aislados.

## e) Prácticas industriales

Sugerimos a la prestigiosa **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA** realizar a través del Estado Plurinacional, convenios sustentables y de largo plazo, con empresas del sector, como ENDE CORPORACIÓN, ENDE TRANSMISIÓN, ENDE CORANI, ENDE VALLE HERMOSO, ENDE GUARACHACHI, COMIBOL, empresa de distribución eléctrica, YPFB, Fábricas de cemento, otras empresas e instituciones del sector, que complementen la formación de los nuevos profesionales, bajo el siguiente contexto:

- i. Realizar prácticas industriales, serias, sostenibles y con evaluación curricular.
- ii. Realizar proyectos de grado o trabajos dirigidos o de investigación, en proyectos desarrollados por estas empresas o instituciones.
- iii. Prácticas industriales, deberán reunir las siguientes condiciones mínimamente:

### ▪ Prácticas Profesionales en Campo

No existe mejor experiencia que la adquirida en el sitio de ejecución de las obras.

Se sugiere realizar prácticas mínimo 6 meses o lo que dure la ejecución de un proyecto, para conseguir en los estudiantes la siguiente formación:

- ✓ Liderazgo.
- ✓ Organización.
- ✓ Rendimientos en la ejecución de actividades.
- ✓ Práctica de las condiciones de seguridad en obras.
- ✓ Manejo ambiental.
- ✓ Manejo administrativo.
- ✓ Solución de inconvenientes.
- ✓ Coordinación entre áreas.
- ✓ Trabajo en equipo
- ✓ Otros.

### ▪ Trabajos de Gabinete

De la misma forma una vez adquirida la formación en campo se sugieren prácticas en oficinas o de gabinete, que permitirán al estudiante formarse en los siguientes campos.

- ✓ Mejorar conocimiento en diseños.
- ✓ Mejorar conocimientos de procedimientos empresariales.
- ✓ Mejorar conocimientos en la Elaboración presupuestos con criterios consolidados en campo.
- ✓ Mejorar los formatos de redacción de informes, con formatos empresariales.
- ✓ Mejorar la capacidad de trabajo en equipo y contar con capacidad de integrar diversas áreas involucradas en un proyecto.

**5.1 COMPETENCIAS GENERALES**

- a) Aclara dudas con la cultura del dialogo.
- b) Capacidad de síntesis.
- c) Exposición clara de ideas.
- d) Contribuir con cpiniones fundamentadas.
- e) Personalidad definida.

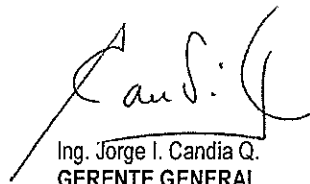
**6. CONCLUSIONES**

Sin duda la formación de un profesional es constante y si se desea ser competitivo se deben contar con un conocimiento actualizado, adecuado a la realidad, con hábitos de calidad.

A nombre de SERING, esperamos que esta breve descripción de competencias sea de utilidad en su propósito.

Quedamos a vuestra disposición para cualquier complementación

Atentamente,



Ing. Jorge I. Candia Q.  
GERENTE GENERAL  
SERING S.R.L.



MINERA SAN CRISTÓBAL S.A.

La Paz, 22 de julio de 2021  
MSC-SSSP-SRHDT- 269/2021

Señor  
Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez  
Director  
Carrera de Ingeniería Eléctrica – Facultad de Ingeniería  
Presente. -

REF. Su solicitud de Información

De nuestra consideración:

En atención a su nota recibida en fecha 2 de julio del presente, por la que nos solicita información de "Las Competencias mínimas que debe contar un ingeniero electricista (formación académica, idiomas, experiencia específica), en función de las áreas de trabajo o actividad", le manifiesto lo siguiente:

Consultado con profesionales de nuestra área de Mantenimiento, donde se consideran áreas de generación, Instrumentación y eléctrica, el personal requerido debiera poder desenvolverse de igual manera en áreas de Operaciones de Salas de Control de Procesos y en áreas de Ingeniería, necesitándose, de manera general, aptitudes de diseño y ejecución de proyectos.

De manera particular, nuestros profesionales recomendaron que las personas debieran tener los siguientes perfiles académicos y competencias:

**Formación académica complementaria:**

- Diplomado o Maestría en Ingeniería de Mantenimiento/Mantenimiento Industrial.
- Diplomado o Maestría en Sistemas Eléctricos de Potencia.
- Diplomado o Maestría en Ingeniería de Control y Automatización.
- Diplomado o Maestría en Confiabilidad y Gestión de Activos.

**Idiomas:**

Inglés intermedio, con preferencia avanzado.

**Experiencia General:**

- Experiencia general 5 años.
- Experiencia en plantas industriales en mantenimiento 2 años.
- Experiencia en elaboración de proyectos 2 años.

CAMPAMENTO TOLDOS Provincia Nor Lipez Potosí, Bolivia, Telf: (591-2) 215 3777  
POTOSÍ Calle Tarija N°12 ex Banco BISA - Planta Alta, Telf: (591-2) 612-0487 F: (591-2) 612-0486  
LA PAZ Calle 15 DE Calacoto Torre KETAL, Piso 5, Telf. (591-2) 262-3400 F: (591-2) 211-7950  
[www.minerasancristobal.com](http://www.minerasancristobal.com)



**MINERA SAN CRISTÓBAL S.A.**

**Experiencias Específicas:**

- Manejo, mantenimiento y administración de Subestaciones de Media y Baja Tensión.
- Manejo de accionamiento eléctrico (VFD, SoftStarter, etc.) de Media y baja tensión de las marcas.
- Manejo de MCC's diferentes marcas Mantenimiento de Líneas de Transmisión de Baja y Media Tensión

**Manejo de Herramientas Ofimáticas:**

- Excel Intermedio
- Word Intermedio
- Power Point Intermedio
- JD Edwards

**Habilidades (blandas):**

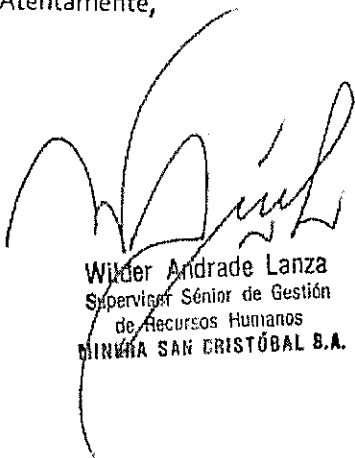
- Facilidad de Comunicación
- Orientación a resultados
- Trabajo en equipo

**Conocimientos adicionales previos**

- Conocimientos Básicos de Seguridad Industrial, salud ocupacional y medio ambiente

Esperando que esta información sea de su utilidad, le saludo

Atentamente,



**Wilder Andrade Lanza**  
Supervisor Sénior de Gestión  
de Recursos Humanos  
**MINERA SAN CRISTÓBAL S.A.**

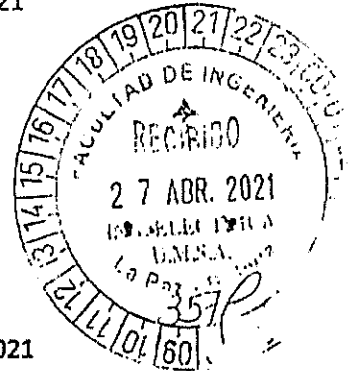
WA/EP



**COLEGIO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS Y ELECTRÓNICOS DE LA PAZ**

La Paz, 26 de abril de 2021  
CIEE LP 061/21

Señor  
Rodmy A. Miranda Ordóñez  
Director de Carrera: Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Mayor de San Andrés  
Presente. –



Ref.: SU NOTA: ING.ELT.CORR. N° 211/2021  
**"SOLICITUD DE INFORMACIÓN – MERCADO LABORAL"**

De mi consideración:

Acuso recibo de la nota de referencia, al respecto, el CIEE La Paz, no tiene registrado los requerimientos laborales de instituciones públicas o privadas, los requerimientos son de tipo verbal, vía teléfono o reenviado por WhatsApp, los mismos no son almacenados con fines estadísticos, sin embargo, con la finalidad de poder aportar a la actividad de Rediseño curricular, me permito indicar lo siguiente:

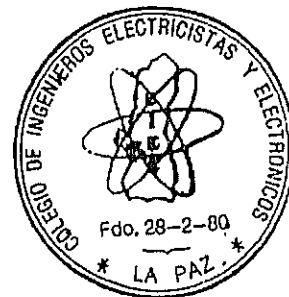
- Los requerimientos son de Empresas Privadas
- Sector Industrial (fábricas) en BT.
- Residentes de obra para construcción de Líneas Eléctricas (Rural).
- La edad es un factor determinante

Exigencia adicional requerida en el perfil del Ingeniero Electricista:

- Elaboración de Carpetas de Proyecto
- Planificación del Sector Eléctrico
- Estacado y densificación de redes eléctricas y unidades constructivas MT/BT
- Diseño y Cálculo de Sistemas de Puesta a Tierra

Con este motivo saludo a Usted, atentamente.


Ing. Alex Jamil Pareja Arancibia  
**PRESIDENTE DIRECTORIO**  
Colegio de Ingenieros Electricistas y Electrónicos de La Paz




C.c. Arch

## VIRTUAL LABORATORIES AS STRATEGY FOR TEACHING IMPROVEMENT IN MATH SCIENCES AND ENGINEERING IN BOLIVIA

### LABORATÓRIOS VIRTUAIS COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DO ENSINO EM CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E ENGENHARIA NA BOLÍVIA

Francisco Javier Triveno Vargas   
Universidade de Aracaquara, UNIARA  
São Paulo, SP, Brazil  
[trivenoj@yahoo.com.br](mailto:trivenoj@yahoo.com.br)

Hugo Siles Alvarado   
Centro de Simulaciones en Ciencias y Tecnología  
Cochabamba, Bolivia  
[silesalvarado@hotmail.com](mailto:silesalvarado@hotmail.com)

**Abstract.** STEM education is a strategy based on four disciplines (science, technology, engineering and mathematics), integrated in an innovative interdisciplinary approach. Although, the concept of STEM education is more relevant today, the discussion of a teaching model with special attention in the four subjects aforementioned began in the early 2000s. Taking into account this context, the strategy presented in this paper has been disseminated in Bolivia's main universities for the last five years. A country that has not yet managed to associate basic disciplines such as calculus, matrix algebra, and/or differential equations to solve problems of an applicative nature, that is, to establish the link between theory and practice. To establish the connection, it is necessary to deduce differential equations associated with practical problems; solve these equations with numerical methods, appeal to the simulation concept to later introduce programming languages like Python/VPython to build virtual laboratories. The classical problem addressed for this purpose is the satellite of two degrees of freedom.

**Keywords:** numerical methods; programming, languages; simulation; satellite control.

**Resumo.** A educação STEM é uma estratégia baseada em quatro disciplinas (ciência, tecnologia, engenharia e matemática), integradas em uma abordagem interdisciplinar inovadora. Embora o conceito de educação STEM seja mais relevante hoje, a discussão de um modelo de ensino com atenção especial nestas quatro disciplinas teve início no início dos anos 2000. Levando em conta esse contexto, a estratégia apresentada neste trabalho vem sendo divulgada nas principais Universidades da Bolívia há cinco anos. Um País que ainda não conseguiu associar disciplinas básicas como cálculo, álgebra matricial e / ou equações diferenciais para resolver problemas de natureza aplicada, ou seja, estabelecer o vínculo entre teoria e prática. Para estabelecer a conexão, é necessário deduzir equações diferenciais associadas a problemas práticos; resolver essas equações com métodos numéricos, apelar ao conceito de simulação para posteriormente introduzir linguagens de programação como Python / VPython para construir laboratórios virtuais. O problema clássico endereçado para este propósito é o satélite de dois graus de liberdade.

**Palavras-chave:** métodos numéricos; linguagens de programação; simulação; controle de satélite.

## INTRODUCTION

STEM education is a strategy that proposes teaching based on four disciplines (science, technology, engineering and mathematics), integrated in an innovative and interdisciplinary approach (Deming & Noray, 2018). The United States, the most innovative country, home to the world's top startups, has identified the need to invest in these disciplines as a priority. For these reasons and looking for a high level of competitiveness in the professional market, several universities around the world have introduced computing tools (Matlab-Simulink®, Mathematica™, Python, etc.), in their teaching programs which has helped to address a wide type of problems and increase the level of understanding not only in sciences and engineering but also in other STEM areas (Gilat, 2006), (Lopez & Sanches, 2011), (Wilson, 2015).

Some universities in Brazil, Chile, Argentina and Colombia have already adopted the STEM concept (Espinal & Segui, 2019). Contrary to this trend in South America, most universities in Bolivia do not apply it. There is a resistance to a methodological change, and to the use of technology to improve education, at the same time research works are just beginning. In this sense, this document aims to present the strategy proposed in Bolivia to improve education through the implementation of virtual laboratories. The strategy presented has been disseminated in the main Bolivian universities (Bolivia has 10 state and over 30 private universities).

### Bolivian problem

For the past five years, different activities have been executed with several Bolivian universities (advanced courses, symposium and recently, master's degrees courses) (Vargas, 2016).

As a result of this interaction, it has become clear that some universities face several problems, among them, the lack of funds for the purchase of specialized software. At the same time, they have been slow in

updating their study programs and in the application of modern techniques in higher education. These and other aspects do not allow universities to be much more innovative. These problems increase due to structural failures in high school education (i.e. reduced hours in math sciences) and successive changes of methodology in teaching schools where teachers of basic school are trained (Vargas, 2018).

The strategy presented in this document was disseminated in several Bolivian universities as a proposal to improve teaching in math sciences and engineering. In the proposal, was also considered students' comments such as, what do I do with so much mathematics? Calculus I, II, III, differential equations, numerical methods? where do I apply all this? These questions are constantly being asked because math science disciplines are still administered without a link of applicative character. This work tries to establish this link as the main contribution to Bolivian universities (Vargas, 2018).

### The proposal strategy

Figure 1 illustrates the chronological sequence of the strategy that starts from the basic cycle that contains disciplines such as calculus and physics, an intermediate cycle that provides knowledge in numerical methods, automatic control and software languages such as Python/VPython. In sequence there are advanced concepts such as simulation and visualization and analysis of the obtained results.

In this sense, section II presents basic modeling concepts, section III presents a summary of the Python and Vpython tools for building graphical interfaces. Section IV presents the problem of the two degrees of freedom satellite, its mathematical modeling, simulation and graphical interface. Section V contains the corresponding control problem. Finally, some conclusions and discussions are presented in section VI.

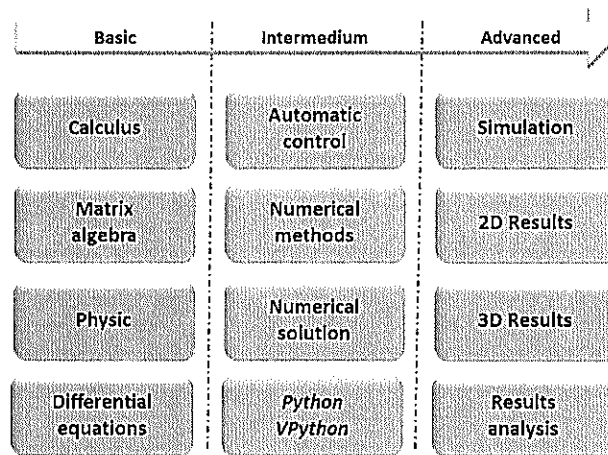


Figure 1. Chronological sequence strategy. Source: Own elaboration.

### BASIC CONCEPTS

Most of the phenomena that occur in nature involve the variation of one quantity related other, leading naturally to mathematical models based on differential equations<sup>1</sup> (Kupferman, 2008). To obtain these equations, physical laws such as: Newton's second law, the law of conservation of energy, Kirchhoff's law, or those corresponding to a phenomenon are used. Some of these basic concepts are presented below.

#### Euler-Lagrange equations

A dynamic system with  $n$  degrees of freedom in generalized coordinates<sup>2</sup>  $q \in \mathcal{R}^n$  and external forces  $Q_t \in \mathcal{R}^n$  is described by the following Euler-Lagrange equation:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}}(\dot{q}, q) \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q}(\dot{q}, q) = Q_t \quad (1)$$

where:

<sup>1</sup> They can also algebraic equations.

<sup>2</sup> Let the set of variables  $q_1, \dots, q_n$ .

$$\mathcal{L} = \mathcal{T}(\dot{q}, q) - \mathcal{V}(q) \quad (2)$$

corresponds to *Lagrange* function,  $\mathcal{T}(\dot{q}, q)$  is the kinetic energy and  $\mathcal{V}(q)$  is potential energy.

The external forces considered are friction, control input and the interaction between system and environment. The control vector considered is  $u \in \mathcal{R}^m$ . Friction forces are represented by  $\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \dot{q}}(\dot{q})$ , where  $\mathcal{F}(\dot{q})$  is the function of Rayleigh. In summary, the following external forces are considered:

$$Q_c = -\dot{q}^T \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \dot{q}}(\dot{q}) + Q_c + u \quad (3)$$

where  $Q_c$  is the signal that contains external perturbations.

### Mathematical representation

Models are represented by the following differential equations:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, \dots, u_m) \\ \dot{x}_2 &= f_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, \dots, u_m) \\ &\vdots \\ \dot{x}_n &= f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, \dots, u_m) \end{aligned} \quad (4)$$

where  $\dot{x}_i$  denotes the derivative of  $x_i$  related at the time  $t$  while,  $u_1, \dots, u_m$  are the control variables and  $x_1, \dots, x_n$  correspond to the state variables, with  $x \in \mathcal{R}^n$  and  $u \in \mathcal{R}^m$ . The output variables are given by:

$$\begin{aligned} y_1 &= h_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_2 &= h_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ y_n &= h_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (5)$$

where  $y \in \mathcal{R}^p$ . Finally, equations (4) and (5) can be written as:

$$\dot{x} = f(t, x, u) \quad (6)$$

$$y = h(t, x, u) \quad (7)$$

### Equilibrium points

The equilibrium points are solutions of the equations (6) and (7) such as:

**Definition 2.1** The point  $x = x^*$  in the state space is an equilibrium point of  $\dot{x} = f(t, x)$  if:

$$x(t_0) = x^* \Rightarrow x(t) = x^*; \quad \forall t \geq t_0 \quad (8)$$

that is, the equilibrium point is  $(x^*, v^*)$ .

In simple problems (like the pendulum), the solution of equation (8) is straightforward (Khalil, 2002). However, when the degree of difficulty increases, extracting operating conditions is also more complex; an aircraft is a good example (Brian & Frank, 2003), (Vargas, Oliveira Moreira, & Paglione, 2016).

### Linearization

The linearization at a point of operation is a common practice in engineering to analyze nonlinear systems. Once the linear model is obtained, its analysis is done with widely used tools (Ogata, 2011). However, the approximation around an operation point offers the local behavior of the non-linear system and not the global behavior in which we are interested. One of the most common methods to perform the linearization

is the expansion by series of Taylor, effective for small variations around the operation point (Duke, Antoniewicz, & Krambeer, 1988), (Gangsaas, Hodgkinson, & Harden, 2008).

### PYTHON AND VPYTHON LANGUAGES

Python is a high-level interpreted language with sequential commands developed at the end of the 1980s by Guido van Rossum at the National Research Institute of Mathematics and Computer Science in the Netherlands (Kusalaas, 2013). This language is widely used in large organizations due to its multiple programming paradigms. It provides standard libraries that include areas such as: chain operations, internet, web service tools, operational system interfaces and protocols. The Python interpreter is developed under an open source license, which makes it free to use and distribute, even for commercial purposes (Hetland, 2008). This last characteristic makes it ideal for its use, since it dispenses the license payment reducing costs in universities and industries. Figure 2 presents a Python code example (corresponds to the simple pendulum problem (Vargas & Paglione, 2015)). Figures. 3(a) and 3(b) allow to verify the behavior of a simple pendulum in two dimensions.

```

from numpy import _
import numpy as np from scipy.integrate
import odeint import matplotlib.pyplot as plt
# Parameters
g = 9.8; L = 0.1; m = 0.2; u = 0.0; k = 0.1
def eqs_mor(state, t, p):
    y1, y2 = state
    dydt = np.zeros_like(state)
    dydt[0] = y2
    dydt[1] = -(g/L)*np.sin(y1) - (k/m)*y2 + u/(m*L**2)
    return dydt
# Initial conditions and time
p = [g, L, k, u, m]; state = [2., 0]
t = np.linspace(0, 10, 300); print(t)
sol = odeint(eqs_mor, state, t, args=(p,))
    
```

Figure 2. Python code for pendulum model. Source: Own elaboration

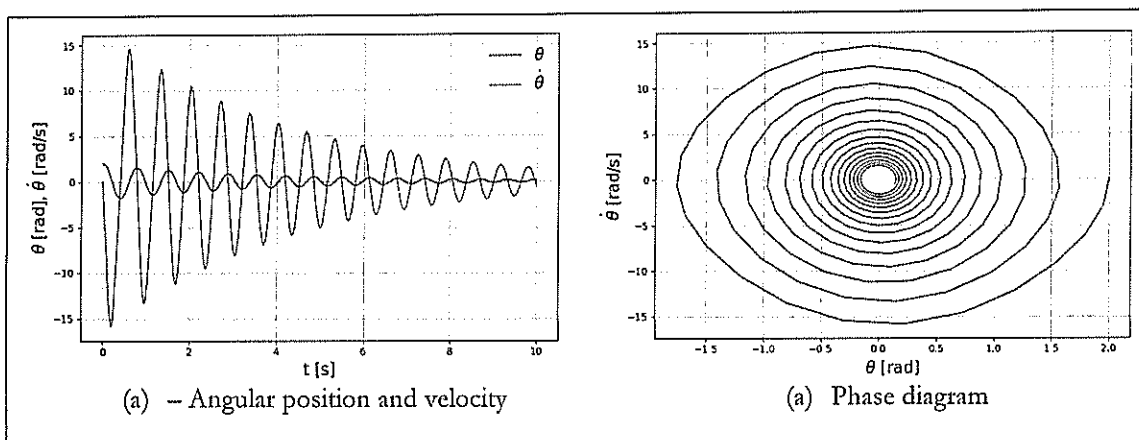


Figure 3. Simple pendulum behavior. Source: Own elaboration

In sequence to the development of the language Python in the spring and summer of the year 2000, with the help of David Andersen, Ruth Chabay, Ari Heitner, Ian Peters and Bruce Sherwood, David Scherer creates Visual, a module for Python that was not only relatively simple to use, but also allowed the development of objects in three dimensions. The combination of Python and Visual is called VPython which allows users to create objects such as spheres, cylinders and 3D cones and displays them in a window, which facilitates the creation of three-dimensional visualizations. This last feature has made VPython an essential tool for the creation of virtual laboratories (Villate, 2018).

The three-dimensional representation of the double pendulum is illustrated in Figure 4.

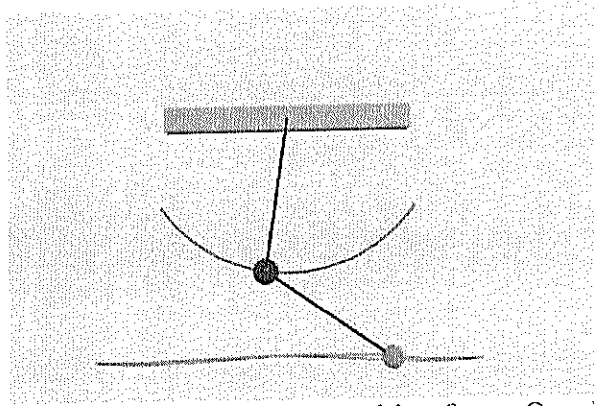


Figure 4. Virtual environment for double pendulum. Source: Own elaboration

### TWO DEGREE OF FREEDOM SATELLITE PROBLEM

The orbit of the satellite of two degrees of freedom with mass  $M$  is illustrated in Figure 5, can be described by two non-linear and coupled equations obtained from the sum of the kinetic energy due to the tangential component  $v_t = r(t)\dot{\alpha}(t)$  and radial component of speed  $v_r = \dot{r}(t)$ . It is assumed that the satellite has traction in these directions, thus the magnitude of the forces are  $F_t$  and  $F_r$ , respectively.

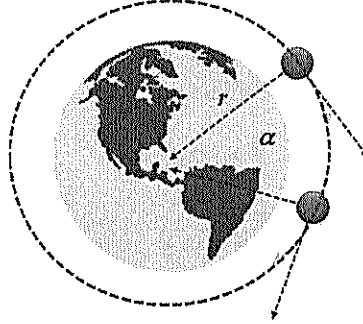


Figure 5. Virtual environment for pendulum. Source: Own elaboration

This problem is well known in the area of automatic control, but, is not studied in the Bolivia education program with multiple inputs and multiple outputs (MIMO) (Siqueira, Moreira, & Paglione, 2007), (Vargas & Irusta, 2014).

### Mathematical model

The total kinetic energy of the satellite of Fig. 5 is given by:

$$\mathcal{T} = \frac{1}{2}M[v_t^2 + v_r^2] = \frac{1}{2}M[r^2(t)\dot{\alpha}^2(t) + \dot{r}^2(t)] \quad (9)$$

The equations (9) and (2) allow obtaining the mathematical model of this problem (Wolovich, 1994).

### Computational solution

Figure 6(a) illustrates the results obtained for  $r(t)$  and  $\dot{r}(t)$ . It is verified that the  $r(t)$  moves away from its initial condition through a ramp, for this reason the derivative  $\dot{r}$  tends to be a constant.

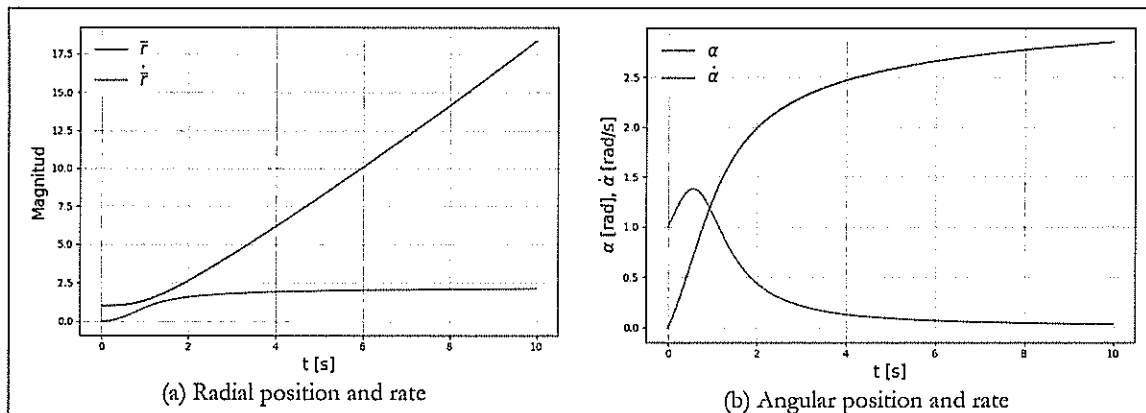


Figure 6. Two Degree of Freedom Satellite in two dimensions. Source: Own elaboration

Figure 6(b) illustrates the results obtained for  $\alpha(t)$  and  $\dot{\alpha}(t)$ . It is verified that  $\alpha(t)$  remains with constant behavior over time, for this reason the derivative  $\dot{\alpha}(t)$  tends to zero. In practice, it is expected that the satellite will describe a trajectory with constant angular velocity  $\dot{\alpha}(t)$  and with position  $r(t)$  constant also.

The Figure 7 illustrates the tridimensional virtual environment for the satellite of two degrees of freedom.

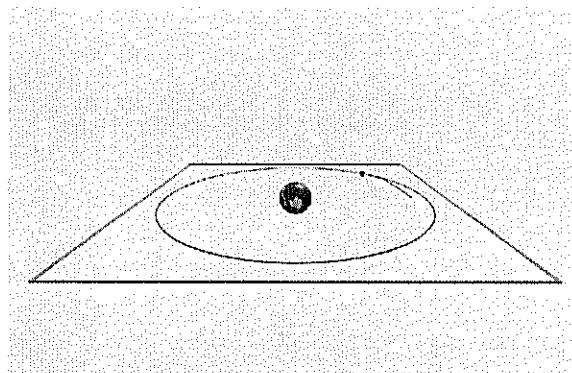


Figure 7. Virtual environment for pendulum. Source: Own elaboration

### AUTOMATIC CONTROL PROBLEM

The analysis and synthesis are performed by applying theory of optimal control and the technique of Linear Quadratic Regulator (LQR), method based on the linearization of dynamic systems, represented in the time domain (Brian & Frank, 2003), (Ogata, 2011). The control structure is presented in Figure 8.

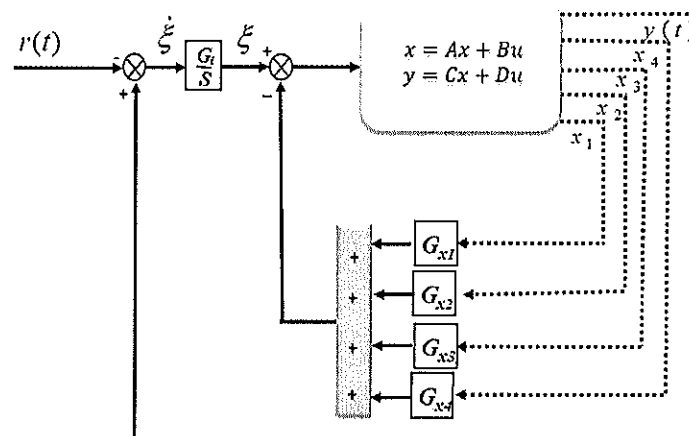


Figure 8. Generic structure control. Source: Own elaboration

## Algorithm

The algorithm to find a control law  $u^{\beta}$  is given by:

$$\begin{aligned} u &= -[G_{x1} \ G_{x2} \ G_{x3} \ G_{x4}]x + G_i\xi \\ \dot{\xi} &= r - y \end{aligned} \quad (10-11)$$

so that the feedback control law minimizes the *performance index*:

$$J = \int_0^{\infty} \{x^* Q x + u^* R u\} dt \quad (12)$$

subject to the following state equation:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{aligned} \quad (13)$$

The gain matrix  $G = [G_{x1} \ G_{x2} \ G_{x3} \ G_{x4} \ G_i]$  is obtained from the solution of Riccati's equation.

$$A_{aum}^T P + P A_{aum} - P B_{aum} R^{-1} B_{aum}^T P + Q = 0 \quad ()$$

where,  $A_{aum}$  and  $B_{aum}$  are the augmented matrices. The optimal gain  $G$  can be obtained quickly using Python Control Toolbox.

The code used to calculate the gains is presented in Figure 9.

```

from control import _from_slycot import _
from control.matlab import _
import numpy as np
# Parameters
Jm = 1.2; Bm = 0.1; JI = 0.3;
Bl = 0.05; m = 1; Kr = 0.5;
I = 0.5; g = 9.8;
A = [[0, 1], [-(g - l_m) / (J * I + m_Kr_2),
-(Bl + Bm_Kr_2) / (J * I + m_Kr_2)]];
B = [[0], [1 / (Jm + (J * I / Kr_2) + m)]];
C = [[1, 0], [0, 1]]; D = [[0], [0]];
Aaum = [A, [0], [0]], [B], [1]] Baum = [B], [0]]
Q = [[20, 0, 0], [0, 20, 0], [0, 0, 20]] R = 0.01
G, S, E = lqr(Aaum, Baum, Q, R)

```

Figure 9. Generic structure control. Source: Own elaboration

## Two degree of freedom satellite control

The controlled variables correspond to the position in relation to the center of the earth and the angular position of the satellite. The desired references are the unit for  $|x|$  and a ramp  $0.5t$  for  $\alpha$ . Initials conditions of the integrator are  $[0.8 \ 0 \ 0 \ 1]^T$ . The gain matrix  $G$  obtained is:

$$\begin{bmatrix} 15.0466 & 8.3576 & -3.3905 & 0.0601 & -6.0658 & 1.7907 \\ 3.5564 & 0.0601 & 11.4848 & 7.9502 & -1.7907 & -6.0658 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Figure 10(a) shown the result of radial component  $r(t)$ , where is verified that after of transient, the reference is reached.

<sup>3</sup> In practice, the control variable  $u$ , it is always limited to its maximum and minimum values.



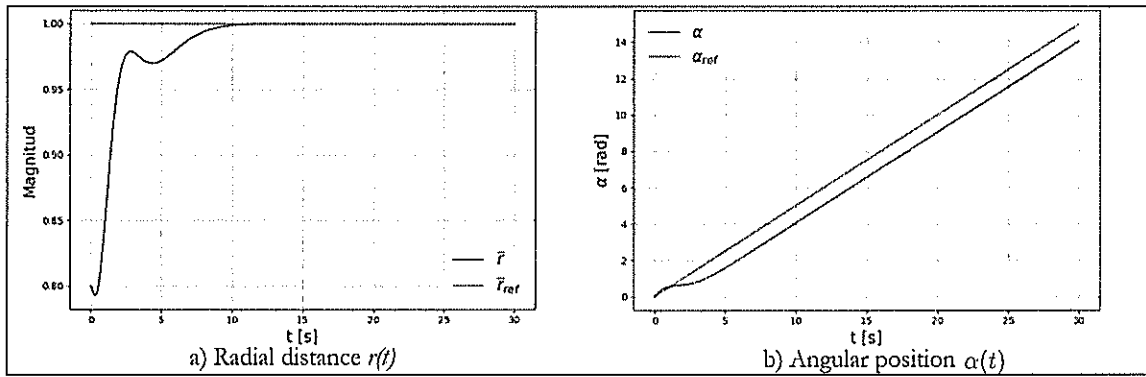


Figure 10. Closed loop results satellite TDOF. Source: Own elaboration

Figure 10(b) illustrates the result obtained for the angular position  $\alpha(t)$ , which follows the specified ramp with an offset, offset is characteristic of LQR technique for ramp reference. To solve this problem, it is necessary to study other control strategies (Wolovich, 1994)

### CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

The main contribution of this proposal is applicative, simple examples show the link between theory and practice, the results obtained through simulations are evaluated in two and three dimensions, which allow the extensive use of virtual laboratories. The presented strategy is used in countries with high development indices, unfortunately this does not happen in Bolivia.

The summary of the methodology that addresses the problems presented is illustrated in Figure 11.

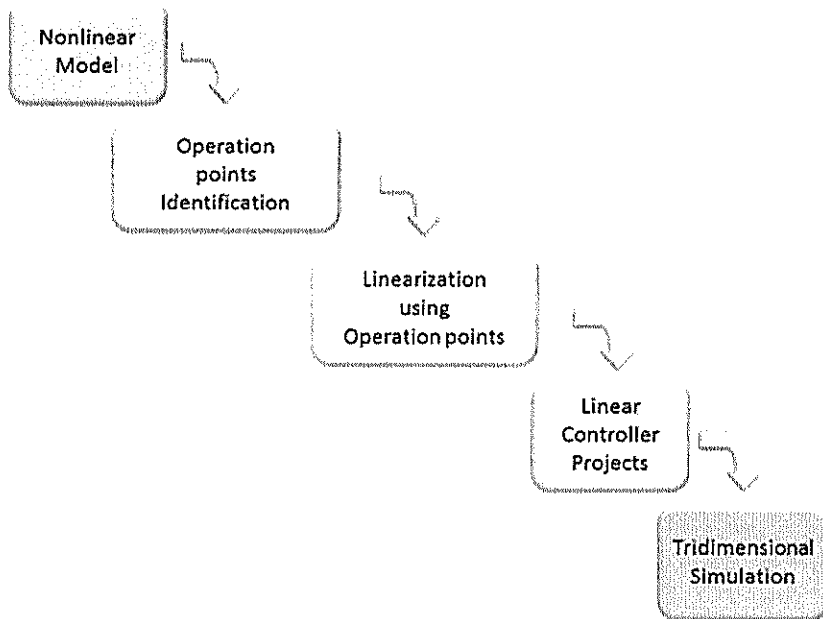


Figure 11. Summary of methodology. Source: Own elaboration

The main advantage of the presented strategy is for the country, which will benefit from a future generation with more professionals capable of working in the new industrial era. In this sense, it should be emphasized that this strategy will help in the training and motivation of the new Bolivian scientists in the short- and long-term period. This strategy is also attractive because programming languages like *Python/Vpython* are free. Let us not forget that these Virtual Laboratories can be quickly implemented on any computer and managed from a dedicated server that doesn't need the purchase of additional hardware.

The total number of attendees where the strategy was presented reached approximately 500 among professors and students. During the presentations, a questionnaire was pre-pared asking what methodology was practiced by the participating universities. Figure 12 illustrates 12 presentations with an average of 40

participants by session. The total number of participants and the percentages that correspond to the methodologies Non-applied method and Applied method.

The result shows that 75% still administer subjects such as calculus, algebra and others isolated from practical applications. In this sense, the participating students evidenced the improvement in learning disciplines in science and engineering, integrated to the concepts of modeling, programming languages, numerical methods and simulation. Following, some feedback from participating students are registered:

- *Great depth in the methodology, as rarely explained in our universities,*
- *I did not see this method before, the learning is transparent and real-world examples can be observed,*
- *The strategy clearly shows the complete cycle that involves the deduction of mathematical models until the visualization of results in two and three dimensions.*

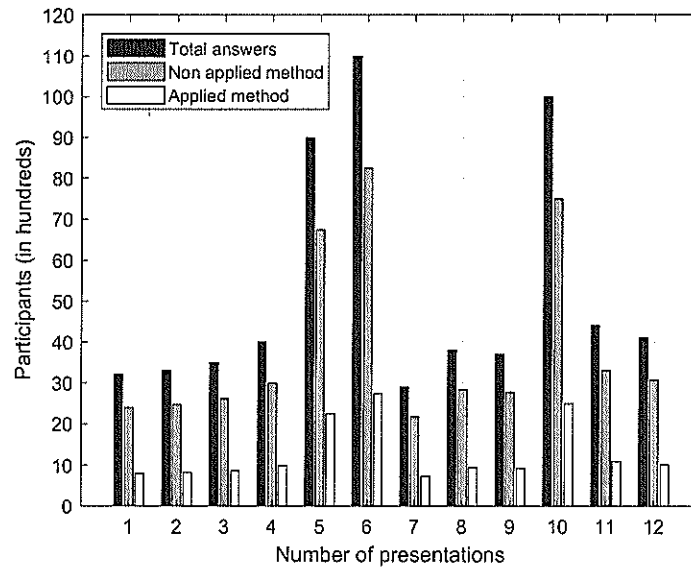


Figure 12. Number of presentations and answers of attendees. Source: Own elaboration

Furthermore, an interactive link is being developed where students can access to the presented problems and others (Alvarado, 2019). Additionally, Figures 13(a) and 13(b) show the virtual environment for inverted pendulum and coupled springs problems

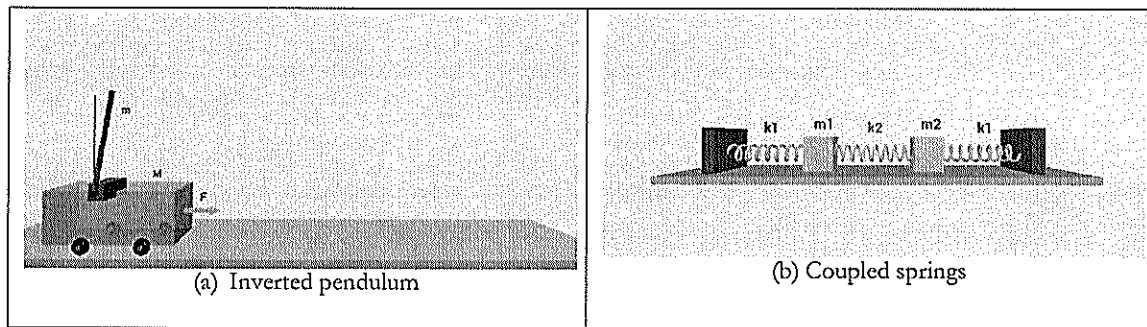


Figure 13. Additional virtual environments. Source: Own elaboration

The participating universities were suggested to use the strategy extensively, as well as to change their science and engineering study plans. After these recommendations were made, some universities have very slowly begun to make the suggested changes. Finally, during the dissemination of the strategy, two books were published, one in Bolivia and another in Brazil (Vargas & Irusta, 2014), (Vargas & Paglione, 2015).

## ACKNOWLEDGMENT

Thanks, you to the participating universities, teachers and students who made possible this publication. Also, thank you to Juan Poma Rosas for English corrections and to SIB and CIEE of Cochabamba Bolivia for the financial support.

## REFERENCES

- Alvarado, H. S. (2019). Simulaciones en ciencias y tecnología. <http://www.simcyt.org>. (Accessed: 2019-09-14)
- Brian, S., & Frank, L. (2003). Aircraft control and simulation, 2nd edition. John Wiley Inc.
- Deming, D., & Noray, K. (2018). Stem careers and technological change. Harvard University.
- Duke, E. L., Antoniewicz, R. F., & Krambeer, K. D. (1988). Derivation and definition of a linear aircraft model (First ed.). NASA Reference Publication 1207.
- Espinal, L. M., & Segui, F. S. (2019). La generación de prácticas, proyectos o programas en educación stem en el marco de una diplomatura virtual para américa latina. Universidad de Alcalá Servicio de Publicaciones.
- Gangsaas, D., Hodgkinson, J., & Harden, C. (2008). Multidisciplinary control law design and flight test demonstration on a business jet. In AIAA (Ed.), (p. 1-25). AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit.
- Gilat, A. (2006). Matlab com aplicações em engenharia. Bookman.
- Hetland, M. L. (2008). Beginning python: From novice to professional, second edition. Springer-Verlag New York.
- Khalil, H. K. (2002). Nonlinear systems (Third ed.). Prentice Hall Inc.
- Kupferman, R. (2008). Lecture notes in classical mechanics. The Hebrew University.
- Kusalaas, J. (2013). Numerical methods in engineering with python 3. Cambridge University Press.
- Lopez, J. C., & Sanches, L. J. (2011). Introducción al mathematica 7 (First ed.). Universidad Politecnica de Valencia.
- Ogata, K. (2011). Engenharia de controle moderno. Pearson Education.
- Siqueira, D., Morcira, F. J. O., & Paglione, P. (2007). Robust flight control design supported by flying qualities analysis. In AIAA (Ed.), (p. 415-428). AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, South Carolina.
- Vargas, F. J. T. (2016). Un equipo de bolivianos desarrolla algoritmos para controlar drones. <http://www.paginasiete.bo/gente/2016/10/27/equipo-bolivianos-desarrolla-algoritmos-para-controlar-drones-114891.html>. (Accessed: 2018-12-12)
- Vargas, F. J. T. (2018). Universidad: No quieren dar un paso adelante. <http://www.lostiempos.com/oh/actualidad/20180312/universidad-no-quieren-dar-paso-adelante>. (Accessed: 2018-11-11)
- Vargas, F. J. T., & Irusta, E. O. P. (2014). Modelado, simulación y control de sistemas mecatronicos y aeroespaciales con matlab y mathematica™. Editorial Serrano.
- Vargas, F. J. T., Oliveira Morcira, F. J., & Paglione, P. (2016). Longitudinal stability and control augmentation with robustness and handling qualities requirements using the two degree of freedom controller. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 38(7), 1843-1853. doi: 10.1007/s40430-015-0444-z
- Vargas, F. J. T., & Paglione, P. (2015). Aplicações de modelagem, simulação e controle com ferramentas de Algebra computacional. LTC.
- Villate, J. E. (2018). Simulaciones con vpython. <https://def.fe.up.pt/python/vpython.html>. (Accessed: 2018-15-11)
- Wilson, D. I. (2015). Advanced control using matlab. Auckland University of Technology.
- Wolovich, W. A. (1994). Automatic control systems: Basic analysis and design (Second ed.). Oxford University Press.

La Paz, 19 de julio de 2021

Señor

**Ing. Juan Víctor Amonzabel H.**

**Coordinador Comisión Perfil del Ingeniero Electricista**

**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA**

Presente.

Estimado Ingeniero:

**Ref.: Su nota de fecha 9 de julio de 2021.**

A tiempo de expresar mi saludo y reconocimiento a la labor que desempeña en la UMSA, como formador de profesionales y emprendedor de proyectos sensibles e innovadores, como la "Conversión de un vehículo de combustión interna a un vehículo eléctrico", respondo a usted las inquietudes que fueron plasmadas en la nota de referencia, aclarando que lo hago en función al deseo férreo de contribuir a la carrera de Ingeniería Eléctrica y no así como un consultor propiamente dicho.

Nuestro país requiere profesionales con una formación académica de primer nivel y valores personales que distingan a la persona en cualquier campo de trabajo en que le toque desempeñar su profesión. En consecuencia, las competencias personales que debería tener, están relacionadas inicialmente con su formación pre universitaria, sin que ello signifique una segregación al deseo de superación que tiene una persona para seguir una carrera. Explicando al respecto, pienso que el pertenecer a la UMSA, en especial a la carrera de Ing. Eléctrica, más que un derecho, es un privilegio, el cual se caracteriza por tener cualidades, habilidades y destrezas que aporten a que el grupo que conforme con sus compañeros, vaya en constante elevación en el nivel académico del grupo. Si una persona no tendría esas competencias personales iniciales, no debería sentirse incapaz de lograrlo, sólo que debería pasar previamente un curso de nivelación.

En consecuencia, dividiré las competencias personales en tres niveles, el primer nivel con las correspondientes a los aspirantes a ingresar a la carrera, el segundo con las competencias personales, técnicas, que debería adquirir durante su formación y la tercera, que también debería recibir durante su formación, pero en un campo distinto a la formación técnica. Así, las competencias que propongo son las siguientes:

**A) Competencias personales de aspirantes a estudiar Ingeniería Eléctrica:**

Este tipo de competencias están relacionadas a la formación colegial de la persona, destacando la necesidad de vencer ciertos niveles de cultura general, utilización correcta del idioma español, conocimiento mínimo del manejo de programas informáticos, razonamiento lógico y trabajo en equipo.

- **Cultura general.** Durante la formación académica de los años setenta, se eliminaron del programa de formación académica, ciertas materias que, si bien no eran parte del objetivo de formación técnica, eran materias que daban a los estudiantes una información importante. Los profesionales no deberían estar ajenos a lo que ocurrió y ocurre en el mundo, así, la materia de Historia, por ejemplo, hegemonizaba conocimientos generales entre todos los que empezaban sus primeros pasos de formación académica.
- **Manejo idiomático.** Un profesional, en su vida futura, estará en contacto con muchos actores de la sociedad y debe poder expresar sus ideas de acuerdo a lo que corresponde a la gramática idiomática, que conlleva además una buena ortografía, lectura de comprensión, redacción, sintaxis, oratoria y capacidad de resumir sus ideas. De igual forma, lastimosamente en la década de los años setenta, se eliminó la materia LIN 90, que permitía al estudiante capacitarse en estos temas.
- **Tecnología en programación y manejo de paquetes técnicos.** No hay duda que la formación de colegio, ha avanzado bastante en este tema, sin embargo, posiblemente por desigualdades de acceso, algunos bachilleres no reciben la formación que un estudiante de ingeniería debería tenerlo. Tampoco hay duda de que no capte rápidamente lo que necesita, sin embargo, reitero que el grupo que empieza a caminar en el primer semestre, debería tener conocimientos similares para no perjudicar a sus compañeros.
- **Razonamiento lógico.** La carrera de ingeniería, tiene entre sus principales objetivos, el buscar soluciones a los problemas que la sociedad enfrente o que se presenten en sistemas existentes. La solución de problemas es más sencilla y simple con el conocimiento de metodología y razonamiento lógico que conlleva a formar personas criteriosas; lastimosamente no todos poseemos esta capacidad, sin embargo, con cierta formación dedicada específicamente a ese campo, se puede lograr un mejor razonamiento.
- **Trabajo en equipo.** La rutina de un ingeniero es diversa, pero en una gran mayoría del campo al que se enfrentará, deberá convivir con un equipo de personas iguales a él, de mayor jerarquía que él y más tarde, dirigir un equipo de trabajo que será exitoso. El éxito sólo se logra cuando la persona puede convivir en un entorno de comportamiento grupal cordial, con objetivos grupales. Existen talleres que además de concientizar el trabajo en equipo, motivan a las personas en el logro de objetivos, como el "Taller de campo de cuerdas".

#### **B) Competencias a adquirir durante su formación académica:**

En este campo, seré breve, ya que la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UMSA, sabe exactamente cual es la necesidad que debe cubrir del campo profesional, además de tener en los programas de estudio diferentes menciones o especializaciones que supongo son muy bien analizadas en el ámbito académico.

Al respecto sólo debo mencionar que, si bien las materias de Ciencias Puras abren la mente de los estudiantes en la búsqueda de soluciones razonables, se analice si la formación de Ingeniería Eléctrica, en la UMSA, necesita promocionar ingenieros en el campo de la investigación, el campo de la educación, en el campo de gestión de proyectos, supervisión o administración. Muchas veces se confunde el objetivo y se intenta formar un nicho de profesionales distinto a la necesidad mayor que tiene nuestro mercado.

No dudo en que el mundo necesita investigadores u otros niveles, pero posiblemente el objetivo de formación de la carrera no sea ese, sin descartar, por supuesto, maestrías y doctorados posteriores al nivel de grado, que forman parte de otros programas académicos de la UMSA.

**C) Competencias adicionales de formación no técnica:**

Nuestro país requiere profesionales, desde luego bien formados, pero también personas honestas, de moral elevada y ética en todo sentido, así que, pienso que debería existir materias que inculquen a los estudiantes a desarrollar su futuro trabajo con pulcritud, con ambición (no económica, sino de perfección y calidad que supere los estándares existentes), con un respeto de la legislación existente, con virtudes de personas que llevarán por siempre el sello de formación académica. Lo que pretendo expresar con ello, es que toda persona que se relacione profesionalmente con un Ingeniero Electricista de la UMSA, exprese su admiración y respeto por su institución madre.

En este punto, debo mencionar que, algunas de las competencias mencionadas en la nivelación de los aspirantes que deseen estudiar la carrera, podrían ser formadas en este nivel.

Esperando haber contribuido con los conceptos que a mi entender mejorarían la formación de profesionales, me despido de usted con las consideraciones de mi estima personal.

Atentamente

**Ing. Raúl Saavedra C.**

La Paz 15 de julio de 2021

Señor:

**Ing. Juan Victor Amonzabel H.**

Coordinador

Comisión Perfil del Ingeniero Electricista

Carrera de Ingeniería Eléctrica - UMSA

Presente.

**REF.: Perfil del Ingeniero Electricista**

Distinguido Ing. Amonzabel:

En atención a su carta de fecha 9 de julio de 2021, en la que me solicita pueda proporcionar información acerca de las competencias del futuro ingeniero electricista, el que será formado en la Universidad Mayor de San Andrés, al respecto, dese mi experiencia y con base en las actuales necesidades que identifiqué en el sector eléctrico en Bolivia, puedo mencionar dos aspectos que destaco:

### **1) Tecnológico.**

Mantener la necesidad de dedicar la máxima atención para garantizar la asimilación de los fundamentos de la electrotecnia, aspecto que considero será la herramienta principal con la que los futuros ingenieros harán frente a la principal tarea que realizarán como profesionales, el análisis y la resolución de problemas cotidianos.

Los compromisos medioambientales con el planeta imponen nuevos desafíos para los ingenieros, tales como, la producción de energía eléctrica a base de fuentes de energías renovables y su utilización de manera eficiente. Por tanto los programas de formación deberán contener aspectos de estudio como: la generación eólica, solar, entre otras, el estudio de los Sistemas de Transmisión Flexible en Corriente Alterna (FACTS), diseño y operación de redes inteligentes.

Por otra parte, las restricciones que la sociedad ha puesto al crecimiento de las redes de alta tensión requieren de soluciones creativas para las instalaciones en operación. Estas soluciones se basan en tecnologías basadas en la electrónica de potencia, control y protección, redes subterráneas e instalaciones compactas, tópicos que, desde mi óptica, deben ser introducidos en los programas de formación del ingeniero electricista.

En el área de servicios, resultaría de utilidad para los futuros profesionales, contar con bases generales sobre el mantenimiento de los sistemas eléctricos.

## 2) Social

Es importante potenciar el factor humano, reconociendo la necesidad de incorporar habilidades de comportamiento humano en la educación del ingeniero con el fin de obtener el balanceada entre atributos técnicos y no técnicos. De este último se destacan la formación y el desarrollo de habilidades tales como:

- Aprendizaje de por vida en ingeniería.
- Creatividad.
- Habilidades gerenciales.
- Trabajo en equipo.
- Destrezas lingüísticas (Oral y escrita).
- Conocimiento de idiomas extranjeros.
- Ética en el ejercicio de la profesión.

Por último, agradezco su consideración con el deseo que mi punto de vista contribuya en la formación de los futuros ingenieros electricistas.

Sin otro particular, saludo a usted atentamente.

**Simón Samán Sigler**  
Ingeniero Mecánico Electricista



ANEXO B