



EJE: Contribución de la Química al Desarrollo Sostenible

LA QUÍMICA VERDE COMO IMPULSOR DE PRÁCTICAS PROFESIONALIZANTES EN INGENIERÍA

Gladys E. Machado¹, Manuel Alvarez Dávila¹

¹Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata (UTN-FRLP), Berisso, Argentina.
madavila@frlp.utn.edu.ar

Resumen

En la formación de un profesional de la ingeniería con perfil tecnológico, además de las disciplinas que le aportan el conocimiento, se lo debe instruir en condiciones reales de aplicación práctica con situaciones diferentes y cambiantes, las llamadas Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS). Estas benefician el aprendizaje por competencias relacionadas con aquel, donde no puede estar exenta la Química Verde, cuyo objetivo, basado en sus doce principios, es la protección del medio ambiente reduciendo el impacto de los procesos químicos, responsabilidad inherente a esta profesión que no debe pasar desapercibida en el futuro. Así lo comprendieron un grupo de estudiantes quienes luego de cursada la asignatura electiva Química Verde y Ecología Industrial solicitaron realizar su PPS en la temática. Habiendo iniciado en tiempos de pandemia, se encuentran cumpliendo con el plan de trabajo que representa la búsqueda bibliográfica, la organización de materiales y la metodología que deberán aplicar para el desarrollo de las mencionadas prácticas, requisito académico que exige la Universidad para la titulación futura.

Palabras clave: Química Verde; Práctica Profesional Supervisada; Aprendizaje por Competencias; Medio Ambiente; Responsabilidad Profesional.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la sociedad requiere de un ingeniero/a que conjugue los saberes con la aplicación de estos en el entorno regional en el que está ejerciendo, lo sepa transmitir y se retroalimente de las necesidades de los habitantes tanto como del ambiente que lo circunda [SiedUTN, 2021].

El profesional tecnológico desarrolla sus competencias a partir del saber conocer, saber hacer y saber ser y en ese contexto ha sido formado desde los inicios de su trayectoria académica. Tal recorrido involucra actividades en todo el proceso de aprendizaje, hoy centrado en el estudiante, constituyendo el adiestramiento técnico, sus estudios y la cultura del esfuerzo que se manifiesta en su experticia una vez alcanzados sus logros [UTN F.R. San Rafael, 2021]; aquí es donde se sustenta la Práctica Profesional Supervisada (PPS), estructurada en el ámbito laboral externo a la institución de origen o en grupos y centros de investigación asociados a la misma, con el propósito de realizar tareas inherentes a la función en un escenario real.

Con estas condiciones el estudiante debe tener un Docente Tutor asignado por el Departamento de la especialidad a la que pertenece y un Supervisor de Campo designado por el área donde realiza su PPS, quien audita la labor pertinente [Res. N° 326-14 UTN-FRLP, 2014]. En este contexto, una de las áreas que en forma renuente ha sido elegida para realizar las prácticas es la Química Verde y, en consecuencia, la asignatura electiva Química Verde y Ecología Industrial a cargo de quienes desarrollan el presente trabajo.

El concepto de “Química Verde” está vinculado al diseño de procesos y productos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas. Descripción que fue introducida por Paul Anastas y John Warnes, quienes en su libro presentan y explican los “12 principios de la Química Verde” [Anastas, Warnes, 1998], definidos como criterios cuya finalidad es valorar la consideración respetuosa de una reacción, tanto como un proceso o un producto químico con el medio ambiente, los que pueden observarse en la representación propia, y que han sido ampliamente difundidos [Anastas, 2010; Horváth, 2007a; Horváth, 2007b; Abdussalam-Mohammed, 2020], Figura 1.

Por tanto, dentro del diseño curricular de la asignatura se incluyen la Química en Contexto, su relación tan trascendente y vinculante con el medio ambiente en un contexto socio-político y económico tanto a nivel nacional como internacional. Asimismo, la química en la industria de procesos y todas aquellas problemáticas

que se manifiestan y deben ser controladas con la evaluación ambiental. Se presenta la Química Verde a partir de sus doce principios y desde cada uno de ellos la importancia del Ciclo de Vida de un producto [Fullana, Puig, 1997]; la Gestión Ambiental y los parámetros para el análisis de las reacciones, en esto que da en llamarse Química Sostenible en donde la Eficiencia y la Economía de átomos son factores que tributan aquella [García Calvo-Flores, 2009], fusionando la ecología supeditada al desarrollo sustentable y el rol de los distintos actores, profesional y empresario industrial. Se hace una Introducción a la Toxicología, Residuos sólidos y Disolventes verdes realizando una profunda comparación con aquellos pertenecientes a la Química Orgánica y que deterioran el entorno natural. Finalmente, siendo considerada por algunos autores como parte de las estrategias en el Desarrollo Sustentable, así como de la Química Verde, se desarrollan contenidos asociados a la Catálisis.

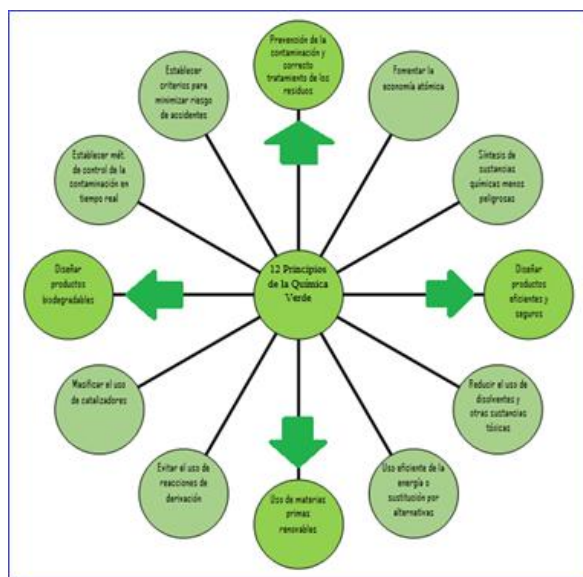


FIGURA 1. Los 12 Principios de la Química Verde

2. MARCO TEÓRICO

Con el cursado de las PPS se busca que los estudiantes de las carreras de ingeniería incrementen y fortalezcan sus habilidades, destrezas y que comiencen a formar experiencias en el área ingenieril de pertenencia. Esto está normado en todas las Facultades Regionales y Unidades Académicas de la Universidad Tecnológica Nacional, cuya fundamentación expresa “desarrollar la formación científico - técnica actualizada y adecuada a las necesidades de un medio que está en continua evolución, evitar la disociación entre la formación del estudiante y el ejercicio profesional, desarrollar el espíritu crítico, independiente, innovador, de síntesis y de concreciones y promover el trabajo activo y creativo en equipo, con sus metodologías de acción y técnicas de comunicación” [Ord. N° 973 UTN, 2003].

Considerada obligatoria, el estudiante debe cumplir con determinados requisitos académicos como el régimen de correlatividades (el cual es idéntico al proyecto final de Carrera); un plan de trabajo cuya aprobación sea otorgada por el Docente Tutor, asignado por el Consejo Departamental de la especialidad a la que pertenece, y el Supervisor de Tareas, perteneciente a la institución donde realizará la PPS; doscientas horas reloj (200 h) como carga horaria mínima para desarrollar el plan de trabajo; presentación de un informe de avance una vez cumplimentada la mitad de la carga horaria; entrega y exposición de un informe final ante un Tribunal Evaluador también aprobado por el citado Consejo. Además de todos los trámites administrativos institucionales que lo acrediten [Ord. N° 973 UTN, 2003; Res. N° 326-14 UTN-FRLP, 2014].

En cuanto a la asignatura Química Verde y Ecología Industrial, la misma fue aprobada para su dictado por el Consejo Departamental en el año 2018 y renovada para el presente ciclo lectivo [Res. N° 279-17 UTN-FRLP, 2017; Res. N° 129-22 UTN-FRLP, 2022].

Por otro parte, y desde un punto de vista histórico, la Química Verde pasó a convertirse en objeto formal en el año 1991, y alude al diseño de productos o procesos químicos que reducen o eliminan el uso y producción de sustancias peligrosas, es decir, en lugar de intentar limitar la ocasión de riesgo controlando la exposición de



productos químicos considerados peligrosos, esta visión de la Química procura que esa peligrosidad se reduzca e incluso que desaparezca. La esencia fundamental radica en que si no se usa o producen sustancias consideradas peligrosas no habrá riesgo ni por lo tanto preocupación de cómo tratarlas. Esta premisa es de vital importancia para los futuros ingenieros químicos, independientemente del área en el que se desempeñen, ya que todo proceso natural involucra de forma directa o indirecta un proceso químico, el cual puede sufrir alteraciones o cambios provocados por la profesión.

Además de la Química Verde, hoy en día la ingeniería química también contempla el concepto de tecnología sostenible, siendo “la tecnología necesaria para cubrir necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para conseguir sus propios intereses” [ONU, 1987], es por estos motivos que la transmisión de estos saberes pretende ir más allá del dictado de una asignatura; es que el estudiante como ciudadano pero portador de una profesión actúe con ética, responsabilidad y compromiso ambiental dentro de su actividad tanto en su entorno inmediato como en el global y en respeto al legado de las futuras generaciones.

3. OBJETIVO

El planteo y la aceptación de una realidad acuciante como la crisis ambiental que está viviendo la humanidad necesita de la formación de futuros profesionales competentes, y con la capacidad de actuar para cambiar el rumbo a que nos han sometido generaciones anteriores, ya sea por desconocimiento o por intereses políticos y económicos.

El objetivo de este trabajo es demostrar el impulso a investigar sobre temas ambientales y por extensión materializarlo a partir de la Práctica Profesional Supervisada (PPS) que tienen los estudiantes cuando se los guía en dicho conocimiento.

4. METODOLOGÍA

4.1. Brainstorming, desarrollo de temas y tareas de aplicación

En anhelo en que los estudiantes no sólo seleccionen para sus PPS la asignatura, y así cumplimenten el diseño curricular de la carrera, sino para que sientan la responsabilidad de ser parte de un cambio en actitudes y aptitudes para con la naturaleza, su medio ambiente, que por extensión los compromete a actuar de igual manera, se les presenta con determinación y vehemencia toda la problemática regional consecuencia del accionar antrópico más allá de simples contenidos, sino mediante una tormenta de ideas o brainstorming.

Si bien como estrategia de enseñanza se comienza con una clase magistral contribuyendo a la construcción del conocimiento, en consideración que ésta no es la retórica de antaño, en la misma se emplean diversas procedimientos o recursos para el desarrollo de la comprensión comenzando por la exposición con medios audiovisuales que incentivan la necesidad de seguir aprendiendo, TICs y técnicas de participación de los integrantes de la audiencia para luego realizar interrogantes con un manejo eficaz de la pregunta. Eso durante el desarrollo de la clase, finalizando con actividades concretas de aprendizaje en que el estudiante tome la iniciativa responsabilizándose de éste con autonomía y aplicando técnicas de grupo estimulando un clima de trabajo cooperativo. Por otro lado, al ser la ingeniería una carrera tecnológica, la aplicación de contenidos es crucial, por lo que se buscan además trabajos actualizados en el ámbito científico que puedan ser replicados en el aula, laboratorio y/o equipos de simulación, según corresponda, y así estimular mediante la práctica el desarrollo de capacidades y aptitudes.

Es así que las estrategias empleadas son índole didáctico-metodológicas, las cuales buscaban integrar el conocimiento tecnológico, el conocimiento pedagógico y el conocimiento del contenido disciplinar e interdisciplinar cuyo principal objetivo es desarrollar el pensamiento crítico en el estudiante teniendo en cuenta que se han de formar profesionales competentes que con creatividad, reflexión e información puedan resolver situaciones problemáticas, participando protagónicamente en la transformación y cuidado del medio ambiente. Por tanto, esta metodología se basa en la creencia de que Química Verde y Ecología Industrial es un excelente impulsor para nuevas ideas y de la práctica profesional. Así fue como se desarrollaron las actividades durante el año 2021, en un contexto de aislamiento social y preventivo para las Universidades (pandemia). Bajo estas condiciones, de los 10 (diez) estudiantes que cursaron la asignatura electiva, el 30%, es decir 3 (tres) alumnos,



eligieron temas relacionados con Química Verde para realizar sus prácticas supervisadas, quienes fueron entrevistados con los siguientes interrogantes:

- 1) ¿Por qué seleccionó la Química Verde frente a otras áreas para realizar sus PPS?
- 2) ¿Desea aplicar los contenidos de la asignatura sobre un proceso químico/industrial existente?
- 3) ¿Cuál o cuáles de los principios de la Química Verde cree que podrían aplicarse en el desarrollo de las PPS?
- 4) ¿Qué impacto cree Ud. que tendrá la presente actividad en su formación profesional?
- 5) ¿Recomendaría realizar a otros estudiantes las PPS bajo estos lineamientos?

TABLA I. Respuestas de estudiantes entrevistados

Preguntas	Respuestas Estudiante 1
1	Las clases que tuvimos fueron muy buenas, y como soy becaria del laboratorio me pareció interesante abordarlos en mi beca.
2	Si, de ser posible me gustaría aplicarlos sobre algo existente, a modo de dar una alternativa a lo que ya hay.
3	El 1°, 3° y 4° (Prevenir generación de residuos; Síntesis químicas menos peligrosas; Diseño de productos químicos seguros).
4	Imagino que muy bueno, ya que en las otras materias que cursé no se trataron estos temas y tienen mucha relación con el área laboral de los ingenieros químicos.
5	Si, lo recomendaría. Los docentes son claros cuando explican y en las charlas, tanto dentro como fuera del aula, siempre me hicieron sentir muy cómoda.
Preguntas	Respuestas Estudiante 2
1	La mayoría de los profesores que tuve hablan mucho del petróleo y sus derivados, pero muy poco sobre el medio ambiente, métodos alternativos, etc. Esta materia me abrió mucho la cabeza sobre lo que un ingeniero puede hacer.
2	Me gustaría que sea sobre solventes, dado que tengo familiares que trabajan en una empresa donde los producen y tal vez pueda llevar algo de lo que haga en las PPS ahí.
3	Imagino que el 5° (Empleo de disolventes seguros), aunque el 1° y el 3° también estarían relacionados (Prevenir generación de residuos; Síntesis químicas menos peligrosas)
4	Como dije antes, si pudiera el día de mañana llevar lo que vea durante las PPS a un ámbito laboral, sería excelente.
5	Algunos compañeros me recomendaron cursar la materia y que haga la PPS con ellos. Por el momento vengo bien. Me dan espacio para trabajar tranquilo y constantemente me preguntan si necesito algo o si estoy perdido.
Preguntas	Respuestas Estudiante 3
1	Durante la cursada vimos muchísimos ejemplos y aplicaciones de la química verde en diferentes áreas (materiales, construcción, agricultura, alimentos, etc.), lo que me da a entender que es muy versátil. Además está muy relacionado con el medio ambiente, temática que me encanta.
2	No sé muy bien todavía en qué. Quisiera aplicar los contenidos sobre algo biológico, de medio ambiente o tratamiento de residuos.
3	Para lo que dije, creo que serían el 2°, 7° y 8° (Economía de átomos; Empleo de materias primas provenientes de recursos renovables; Reducción de los residuos).
4	Espero que sea bueno. Me deja tranquila saber que los docentes tienen experiencia en esto y que no me van a dejar solar.
5	Si, lo recomendaría. Considero que me están guiando bien y tomaron en cuenta todo lo que les dije. Incluso me comentaron que si no me gustaba la propuesta de trabajo, que podían hablar con personas de otras instituciones, para que encuentre algo que me guste al 100%.

4.2. Selección del tema

Encontrándose los estudiantes interesados en realizar sus PPS, los docentes los acompañaron durante el proceso de selección del tema específico sobre el cual desarrollarán las prácticas. El objetivo fue brindarles apoyo y contención sin obligarlos a que elijan un tópico por sobre otro, aunque en ciertas ocasiones cuando el tema seleccionado presentó dificultades para su aplicación, ya sea técnica o de infraestructura, se sugirió y aconsejó



el camino a seguir. En relación con sus motivaciones, tal y como se indicó previamente, los estudiantes mencionaron estar interesados en adaptar o transformar procesos químicos de forma diferente a como se lo hace hoy en día, habiendo también captado ideas o curiosidades a través de medios informáticos (redes sociales, YouTube, entre otros). Otro factor que determinó la selección del tema, como también de la asignatura, es el famoso “boca en boca”, es decir, las experiencias que otros compañeros de la especialidad han tenido al trabajar con los docentes de la Cátedra y el grupo de trabajo que éstos integran en la Universidad, siendo en este caso muy favorable.

Finalmente, los aspectos relacionados con la viabilidad y factibilidad para desarrollar el plan de actividades en torno a la temática, fueron analizados por los docentes a partir del equipamiento y los espacios de trabajo con los que cuenta la institución.

En la temática ambiental, actualmente, en la que el cambio climático ya está entre nosotros cualquier actividad que minimice los riesgos ambientales a los que estamos expuestos y fundamentalmente signifique una toma de conciencia de los cambios que puedan realizarse representa un beneficio para las futuras generaciones a las que hemos afectado con nuestras acciones destruyendo su entorno y derrochando sus recursos naturales [Ocampo-López et al., 2019; De Mello et al., 2019; Murcia Fandino, Esquiaqui Marin, 2021]. Así, de importancia y trascendencia para la naturaleza los temas elegidos conforman el paquete de aquellas situaciones de riesgo ambiental que son posibles de evitar, como puede ser la utilización de solventes verdes reemplazando a los solventes orgánicos que tanto afectan los recursos naturales como la salud de los que los manipulan, a corto y largo plazo.

4.3. Plan y metodología de trabajo

Una vez establecidos los temas a investigar, lo que se podría considerar un estudio de caso, se organizó el plan de trabajo para cada una de las producciones, Tabla II. Se llevó adelante, en primera instancia, una investigación con motivo de seleccionar y delimitar el tema a tratar y la problemática planteada, el ámbito y las posibles soluciones o limitaciones del riesgo a que estuviere comprometido el medio ambiente examinando, y el o los principios de la Química Verde que estuvieran implicados, los cuales fueron señalados por los estudiantes de forma tentativa, y constituyen el marco conceptual más álgido, ya que puede tratarse de uno o varios de ellos los involucrados en la posible solución al problema de contaminación a que está sometido el medio ambiente en estudio, Tabla III. El recorrido posterior es similar a todo trabajo de investigación o de campo teniendo en cuenta que el estudiante lo realizará acorde a los lineamientos propios de la actividad ingenieril correspondiente.

TABLA II. Plan de trabajo correspondiente a las prácticas profesionales supervisadas

Actividades	Semanas			
	2	4	6	8
Selección del tema	X			
Delimitación del contenido	X			
Planteamiento del problema	X			
Identificación del o los Principios de la Química Verde involucrados	X			
Estado del arte		X		
Objetivos		X		
Justificación		X		
Marco teórico		X		
Metodología			X	X
Discusión de los resultados			X	X
Conclusión			X	X

TABLA III. Principios de la Química Verde involucrados

Estudiante 1	Principios de la Química Verde
	Prevención de residuos (1ro)
	Síntesis de sustancias químicas menos peligrosas (3ro)
	Diseño de productos químicos más seguros (4to)
	Empleo de disolventes y auxiliares más seguros (5to)



Estudiante 2	Prevención de residuos (1ro)
	Síntesis de sustancias químicas menos peligrosas (3ro)
	Reducción de derivados (8vo)
	Química intrínsecamente más segura para la prevención de accidentes (12vo)
Estudiante 3	Prevención de residuos (1ro)
	Economía atómica (2do)
	Uso de materias primas renovables (7mo)
	Reducción de derivados (8vo)
	Diseño para la degradación (9no)

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Siendo una materia electiva, quienes la prefieren se encuentran con temas recargados de información útil para su actividad profesional, actuación ética y de responsabilidad y respeto para con el medio ambiente.

En la cursada correspondiente al año 2021, un tercio, es decir el 30 % de los cursantes eligieron la asignatura para aplicar sus saberes en un trabajo de investigación que formalizará las doscientas horas de PPS, cantidad más que representativa ya que desde el punto de vista de un Ingeniero Químico, la ingeniería de procesos es la más atractiva e interesante profesionalmente. Sin dejar de mencionar que habiendo sido en tiempos de pandemia en la actualidad están cumpliendo dentro del plan de trabajo lo que representa la búsqueda bibliográfica y la organización de materiales y metodología

6. CONCLUSIONES

Habiendo surgido de los y las estudiantes la elección del tema sobre el que desarrollarán su práctica profesional supervisada, constituyendo así a la Química Verde como el campo de trabajo en sí mismo, el cual se enmarca con la asignatura electiva Química Verde y Ecología Industrial, se observa la intención de éstos en incorporarse al ámbito científico-tecnológico en el futuro, y se infiere el interés que tienen como ciudadanos y habitantes de un mundo que está en crisis climatológica, producto de las equivocadas acciones antropogénicas; de querer ser parte de la solución y no del problema. Se puede concluir entonces que la asignatura electiva resulta ser un excelente impulsor para el desarrollo de prácticas atentas al desarrollo tanto sostenible como profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdussalam-Mohammed, W., Qasem Ali, A., O. Errayes, A. (2020). Green Chemistry: Principles, Applications, and Disadvantages. *Chemical Methodologies*, 4(4), 408-423. doi: 10.33945/SAMI/CHEMM.2020.4.4
- Anastas, P. T., Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.
- Anastas, P. T., Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chem. Soc. Rev.*, 39, 301-312. doi: <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- De Mello, F., Adams Agnes Gomes, S. I., Durli Giusti, E., Mendes Sandri, M. C., Robaert, S. (2019). Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde. *Educ. Quím.*, 30(1).
- Fullana, P., Puig, R. (1997). *Análisis del ciclo de vida*. Editorial Rubes.
- García Calvo-Flores, F. (2009). Parámetros para el análisis de las reacciones en química sostenible. *Anales de Química, Revista de la Real Sociedad Española de Química*, 1, 42-49.
- Horváth, I. T., Anastas, P. T. (2007a). Innovations and Green Chemistry. *Chem. Rev.*, 107, 6, 2169–2173. doi: <https://doi.org/10.1021/cr078380v>
- Horváth, I. T., Anastas, P. T. (2007b). Introduction: Green Chemistry. *Chem. Rev.*, 107, 6, 2167–2168. doi: <https://doi.org/10.1021/cr078380v>
- Murcia Fandino, J. S., Esquiaqui Marin, L. A. (2021). Química verde aplicada en los residuos de universidades. *Educ. Quím.*, 32(2), 154-167. doi: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76534>.



- Ocampo-López, C., Ramírez-Carmona, M., Rendón-Castrillón, L., Vélez-Salazar, Y. (2019). Applied research in biotechnology as a source of opportunities for green chemistry start-ups. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 11, 41-45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.12.005>
- Ordenanza N° 973. (5 de marzo de 2003). *Incorporación de la Práctica Profesional Supervisada como Exigencia Curricular en las Carreras de Ingeniería*. Universidad Tecnológica Nacional. <https://www.utn.edu.ar/images/2020/SAE/Ord-973.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). *Informe Brundtland*. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Resolución N° 326-14. (22 de diciembre de 2014). *Reglamento Práctica Profesional Supervisada*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
- Resolución N° 279-17. (15 de noviembre de 2017). *Autoriza el Dictado de la Asignatura Electiva Química Verde y Ecología Industrial para la Carrera Ingeniería Química*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
- Resolución N° 129-22. (29 de marzo de 2022). *Asignaturas Electivas para la Carrera Ingeniería Química, Periodo 2022-2026*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
- SiedUTN (19 de octubre del 2021). *El enfoque de competencias en Ingeniería, experiencias prácticas*. Dra. Adriana Castillo Rosas. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=EDNnhmpjGSU>
- UTN F.R. San Rafael. (9 de diciembre del 2021). *XI Enidi Conferencia Magistral Mg. Ing. Victor Kowalski. Tema: Formación por Competencias en Ingeniería: del mito a la realidad*. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=h2CGMa0n68E>