

**GUÍA PARA LA CONFECCIÓN
DE LA MEMORIA ANUAL
DE LOS CENTROS / GRUPOS UTN / GRUPOS FACULTAD**

(deben respetarse todos los puntos, dejando en blanco aquellos de los que no se tenga nada que decir)

GIMNI
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA
FACULTAD REGIONAL SANTA FE- UTN

MEMORIA ANUAL 2015

I - ADMINISTRACIÓN

1 Introducción:

- **Breve resumen de las actividades del Centro / Grupo UTN realizadas en el año transcurrido.**
Las actividades de los integrantes del grupo, durante el año 2015, pueden resumirse en:
 - Formación de alumnos/becarios de grado y posgrado.
 - Docencia de grado en distintas cátedras de nuestra facultad, en las currículas de Ingeniería Civil, Mecánica y Sistemas de Información.
 - Docencia de posgrado (dictado de cursos en la Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción de la UTN-FRSF; dictado de cursos en el Doctorado en Ingeniería - Mención Mecánica Computacional - FICH-UNL).
 - Tareas diversas de gestión en nuestra regional.
 - Actividades de asesoría/transferencia.
 - Investigación y desarrollo, referida al modelado de problemas ingenieriles aplicando métodos numéricos, en el contexto de proyectos homologados de UTN, Conicet, ANPCYT, como también en proyectos colaborativos con instituciones internacionales.
 - Asistencias/presentación/publicación de trabajos en reuniones científicas, en el país y en el extranjero
 - Publicaciones de trabajos científicos originales en revistas internacionales indexadas.
 - Estadías de investigación en grupos de reconocido prestigio en el país y en el extranjero.
 - Organización de visitas de alumnos y profesores (nacionales y extranjeros).
 - Organización de eventos académicos de diversa índole.

- **Destacar el mayor logro alcanzado en la actividad.**
Desde sus inicios, nuestro grupo se ha caracterizado por realizar principalmente labores de investigación teórica y aplicada. En este contexto, nuestros mayores logros consisten en aportes científicos novedosos, los cuales quedan documentados en revistas internacionales indexadas, congresos nacionales e internacionales de la especialidad, workshops relacionados con metodologías numéricas, jornadas de jóvenes investigadores, etc (ver lista de publicaciones en el cuerpo del informe).

- **Evaluar si el mismo llega a trascender el ámbito normal de trabajo y si es así, exponer las posibles consecuencias.**
Varios trabajos de investigación realizados por integrantes de nuestro grupo han logrado publicarse en revistas de alcance internacional, contribuyendo de esta forma a enriquecer el conocimiento general y, fundamentalmente, haciendo visible al GIMNI, y a nuestra facultad regional, frente a la comunidad científica mundial.
Muchas de las actividades de los integrantes/docentes/investigadores del grupo exceden el ámbito de nuestra facultad, esto se ve reflejado por la constante y nutrida interacción científica que se mantiene con diversas instituciones de investigación, tanto en nuestro país como en el extranjero, entre éstas podemos mencionar (para una descripción más detallada véase ítem 6.3):
 - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná.
 - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.
 - Universidad Nacional de Córdoba.
 - INTEMA, Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, Mar del Plata.
 - Universidad Federal de Río de Janeiro.
 - Laboratorio Nacional de Computación Científica, Petrópolis, Río de Janeiro, Brasil.
 - Universidad de Wales, Swansea, Reino Unido.
 - Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

- Universidad de Liege, Bélgica.
- Universidad de Santiago de Chile.
- Universidad de Charles de Praga.
- Universidad de San Pablo.

1.- INDIVIDUALIZACIÓN DEL CENTRO / GRUPO UTN

1.1.- Nombre y sigla

Grupo de Investigación en Métodos Numéricos en Ingeniería (GIMNI).

1.2.- Sede (dirección, tel, fax, e-mail)

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Lavaise 610, Santa Fe (3000), Santa Fe, Argentina.
Tel.: (0342) 469 0348 - (0342) 460 1579
e-mail: gimni@frsf.utn.edu.ar
<http://www.frsf.utn.edu.ar/investigacion/centros-y-grupos>

1.3.- Director.

Dr. Pablo Sánchez.

1.4.- Subdirector.

Mg. Victorio Sonzogni.

1.5.- Director Orientador (Si es Grupo Inicial de Investigación)

1.6.- Objetivos y desarrollo (escribir en forma concisa los objetivos y acontecimientos más significativos del Grupo durante el período informado)

MISIÓN

El GIMNI cuenta entre sus misiones la investigación, el desarrollo y la enseñanza en métodos numéricos, particularmente aquellos relacionados con la Ingeniería, en sus diferentes especialidades. Así mismo, se propone la difusión de la importancia y del correcto uso de los métodos numéricos para la resolución de problemas ingenieriles, habida cuenta del protagonismo que dichos métodos han cobrado en los últimos veinte años en la actividad profesional y científica, gracias a los avances técnico-científicos en las disciplinas relativas a la computación, los materiales y a la mecánica computacional.

OBJETIVOS GENERALES

- Transmitir a la comunidad universitaria la importancia que poseen los métodos numéricos para resolver problemas concretos de ingeniería (muchas veces imposibles de resolver por otros medios) con precisión y rigor científico.
- Promover e incentivar el estudio, desarrollo y aplicación de los métodos numéricos en las carreras de ingeniería, siguiendo de esta manera la tendencia actual de las universidades de mayor prestigio en el mundo.
- Generar vínculos académicos sólidos con otros grupos y centros de investigación dedicados a la temática, sean éstos nacionales o extranjeros.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Desarrollar un equipo de trabajo dedicado a la aplicación de métodos numéricos en ingeniería, en la Facultad Regional Santa Fe, capacitado para realizar tareas de investigación/desarrollo, asistir a docentes/alumnos, y realizar tareas de extensión, para las distintas especialidades de Ingeniería.
- Desarrollar métodos de cálculo y programas computacionales para análisis y diseño de estructuras, suelos y productos industriales.
- Utilizar herramientas de software para la simulación de problemas ingenieriles en las áreas de estructuras, suelos, transferencia de calor, mecánica de fluidos, etc., en actividades de asistencia al medio productivo.
- Asesorar a las cátedras involucradas en el análisis y el proyecto en la utilización de métodos numéricos y programas computacionales disponibles.
- Formar docentes, estudiantes y becarios en la actividad de investigación y desarrollo.
- Ejecutar proyectos de investigación y desarrollo.
- Organizar actividades de difusión de las tareas realizadas en el grupo, proponer cursos de formación en métodos numéricos, y participar de reuniones científicas sobre las temáticas abordadas.

ACONTECIMIENTOS (HISTÓRICOS) MÁS SIGNIFICATIVOS

El Grupo de Investigación en Métodos Numéricos en Ingeniería (GIMNI) fue creado por Resolución 233/2002 del Consejo Directivo de la Facultad Regional Santa Fe (FRSF) de la UTN, con fecha el 03 de julio de 2002, de manera que cuenta con casi diez años de actividad reconocida como Grupo de la FRSF. Su origen es la unión de otros dos grupos pertenecientes a la misma Facultad: el Grupo de Investigación en Aplicaciones del Método de Elementos Finitos (GIAMEF) y el Grupo de Investigaciones en Análisis y Diseño Estructural (GIADE), cuyas actividades se iniciaron en 1995.

Varios de los integrantes del GIMNI han mantenido y/o mantienen proyectos y líneas de investigación con otros centros científicos nacionales o extranjeros, algunos de ellos de gran prestigio a nivel mundial.

Actualmente, el Grupo depende operativamente del Departamento de Ingeniería Civil de la FRSF, el cual brinda espacio para su funcionamiento y facilita parte del equipamiento para la realización de las tareas del GIMNI. Así mismo, un aspecto de suma relevancia ha sido la designación del GIMNI como Grupo UTN, mediante la Resolución Nro. 516/2012 del Consejo Superior Universitario.

Desde su creación, y hasta la fecha, en el ámbito del GIMNI se han realizado 9 tesis finales de carrera tanto de Ingeniería Civil como Mecánica. Un total de 7 ex-alumnos de nuestra facultad regional (carreras de Ing, Civil y Mecánica), que iniciaron sus primeros pasos en investigación en el GIMNI, han logrado el grado académico de doctor en Ingeniería.

ACONTECIMIENTOS SIGNIFICATIVOS DURANTE EL PERÍODO INFORMADO (2015)

A continuación se mencionan algunos acontecimientos importantes, en el ámbito del GIMNI, durante el año 2015:

- Ejecución de 4 proyectos de investigación en ingeniería.
- Formación de 1 alumno en la carrera de doctorado, el Ing. Civil Diego Turello, quien ha obtenido el título de Doctor en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Estructuras y Geotécnia, a finales de 2015.
- Formación de 1 alumno en la carrera de doctorado, el Ing. Civil Ángel Ciarbonetti, quien ha obtenido el título de Doctor en Ingeniería, Mención Mecánica Computacional, a principios de 2015.
- Formación de 1 alumno becario pos-doctoral de Conicet, el Dr. Sebastian Toro.
- Incorporación de dos nuevos profesores, con formación de posgrado, al GIMNI: Dr. Pablo Kler y Dr. Santiago Márquez Damián.
- Formación de 3 investigadores de Conicet en la categoría de Asistentes, a saber: Dr. Federico Cavalieri, Dr. Pablo Kler y Dr. Santiago Márquez Damián.
- Formación de 4 alumnos/becarios de grado, uno de ellos comenzó a realizar su proyecto final de carrera en el ámbito del GIMNI (Ing. Civil Nadia Román).
- Durante el 2015 se llevaron adelante tareas de transferencia relacionadas con el modelado de estructuras de muelles para el proyecto de remodelación del Puerto Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina.

2.- PERSONAL

2.1.- Nómina de Investigadores por categoría.

(Confeccionar una tabla indicando, Apellido y Nombre, los cargos docentes y la dedicación asignada, D. Excl., D. Semi-excl., Nº de D. Simples, y las horas promedio por semana dedicadas a los proyectos de investigación)

	Apellido y Nombres	Categoría		Cargo Docente Actual		Investigación
		PI	UTN	Categoría	Dedicación	Horas Semanales
1	Sánchez, Pablo	III	C	Profesor Adjunto	Exclusiva	20
2	Sonzogni, Victorio	I		Profesor Invitado		5
3	Battaglia, Laura	IV	D	JTP	Exclusiva	20
4	Cavalieri, Federico	V	D	Profesor Adjunto	Simple	5
5	Balbastro, Gustavo	III	C	Profesor Titular Profesor Adjunto	Exclusiva (FRP) Simple (UTN-FRSF)	5
6	Pardini, María Elisabet	V	D	Profesor Titular	Simple	5
7	Kler, Pablo	V	C	Profesor Adjunto	Simple	5
8	Márquez Damián, Santiago	V	D	JTP	Simple	5
9	Toro, Sebastian		G			10
10	Turello, Diego		G			10
11	Ciarbonetti, Ángel					5
12	Román, Nadia D.		G	Ayudante de TP 2º	Simple	5

2.2.- Personal profesional, indicando las horas semanales promedio dedicadas al Grupo

Apellido y Nombres	Cargos	Dedicación	Horas Semanales

2.3.- Becarios alumnos y/o graduados indicando en cada caso, apellido y nombre, horas asignadas y fuente de financiamiento de la remuneración.

- Dr. Sebastian Toro, becario pos-doctoral de Conicet. Director: P. Sánchez. Co-director: A. Huespe. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 10 hs/semana.
- Ing. Civil Diego Turello, becario doctoral de Conicet (2010-2015). Director: F. Pinto. Co-director: Dr. Pablo Sánchez. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 10 hs/semana.
- Ing. Civil Ángel Ciarbonetti, becario doctoral de ARN (2009-2015). Director: Dr. A.E. Huespe. Co-director: Dr. P.J. Sánchez. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 5 hs/semana.
- Nadia Román, colaboradora alumna ad honorem UTN-FRSF. Directora: L. Battaglia. Proyecto PID UTN 3526 y actividades de servicio. Horas asignadas a actividades en el GIMNI: 10 hs/semana.
- Maximiliano Pressiani, becario de servicio UTN-FRSF. Horas asignadas a servicio en GIMNI: 8hs/semana.
- Pablo Modini, becario investigación UTN-FRSF. Director: F. Cavalieri. Proyecto PID UTN 3527. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 10 hs/semana.
- Gabriel Gerlero, becario investigación UTN-FRSF. Director: P. Kler. Proyecto PID UTN 3526. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 10 hs/semana.
- Rodolfo Kuchen, becario investigación UTN-FRSF. Director: P.J. Sánchez. Proyecto PID UTN 1759. Horas asignadas a investigación en el GIMNI: 10 hs/semana.

2.4. Tesistas de maestría y/o doctorado (consignando su fecha de iniciación)

- Ing. Civil Diego Turello, tesista de doctorado en la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la UN de Córdoba (2010-2015). Director: F. Pinto. Co-director: Dr. Pablo Sánchez.
- Ing. Civil Ángel Ciarbonetti, tesista de doctorado FICH-UNL (2009-2015). Director: Dr. A.E. Huespe. Co-director: Dr. P.J. Sánchez.

3.-EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA

3.1- Ubicación en la Facultad:

Sala B112, Aula de Informática del Departamento Civil, primer piso, UTN-FRSF.

3.2- Equipamiento e infraestructura principal disponible (dar una idea sumaria del mismo y de su estado operativo)

En el lugar de trabajo se dispone de ocho (8) computadoras de diversas características conectadas en red, pizarra y mesa de reuniones. Asimismo se cuenta con software específico para simulación y diseño en ingeniería entre los cuales se puede mencionar: Abaqus, Plaxis, Samcef, Algor, PPLAN, AVwin, etc., adquiridos oportunamente, o bien en versiones estudiantiles o de libre distribución.

Se han realizado compras de equipamiento durante 2013, que incluyen mobiliario (armario, escritorios y sillas) y dos computadoras de cálculo con procesador INTEL i7 con 16Gb de memoria RAM y discos rígidos de 1Tb, complementadas con monitores LED de 23" full-HD, más una impresora Samsung Scx-3405w Laser Multifuncion Wifi. Durante 2014 se adquirieron 5 equipos de UPS para computadoras individuales, y se realizó la compra de dos equipos de cálculo con procesador INTEL i7, 16Gb de memoria RAM y disco rígido de 1Tb, con monitor LED de 23" full-HD.

Por otra parte, en virtud de un acuerdo para utilización de laboratorios con la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la UNL, se utilizan las instalaciones del aula FICH-CIMNE que incluyen dos computadoras y software para análisis por elementos finitos.

Finalmente, en virtud de un acuerdo de cooperación específico, se tiene acceso a los equipos informáticos del Centro Internacional de Métodos Computacionales en Ingeniería (CIMEC), en INTEC (UNL - CONICET), que incluye un cluster de 82 procesadores, y otro de tecnología más reciente de 24 nodos en total, ocho de los cuales son de tipo Xeon E5420 of 2.50 GHz (2 x 4 cores), mientras que los 16 restantes son de tipo Xeon W3690 of 3.47 GHz (1 x 6 cores). Además, se encuentra prevista la puesta en marcha de otros dos clusters de tecnología y capacidad superadoras que aumentarán la capacidad de cálculo disponible.

3.3- Locales y/o aulas (tipo y superficie estimada)

El grupo realiza sus trabajos actualmente en espacio físico de aproximadamente 24m² que comparte con el aula de informática Departamento de Ingeniería Civil.

3.4- Laboratorios y/o talleres (tipo y superficie estimada)

El grupo realiza sus trabajos actualmente en espacio físico de aproximadamente 24m² que comparte con el aula de informática Departamento de Ingeniería Civil.

3.5- Servicios Generales (sistemas de documentación, biblioteca, etc)

Los servicios generales son brindados por la Facultad Regional Santa Fe.

Se cuenta con acceso directo a las bibliotecas de la Facultad Regional Santa Fe y a la Biblioteca Electrónica de SECYT. Además, es posible consultar bibliografía del servicio SECEDOC de la UAT-CCT Santa Fe de CONICET, y otras a través de convenios inter-bibliotecarios.

3.6- Indicar cambios significativos habidos durante el período en equipamiento, obras civiles y terrenos.

Para el año 2015 se había planificado la compra de varios equipos informáticos de escritorio y portátiles, como también un proyector con pantalla. No obstante, debido a inconvenientes durante el proceso de compras en UTN-FRSF (ajenos a nuestro Grupo) no pudieron llevarse adelante estas compras. Se espera que dicho equipamiento esté disponible durante el transcurso del año 2016.

4.- DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA

4.1.- Indicar los libros, título, autor/es, editorial, fecha publicación; para las revistas indicar nombre, idioma, editorial, fecha y año.

4.2.- Consignar material bibliográfico más relevante del Grupo (no más de 10 títulos).

- Se cuenta con manuales de utilización de los programas ABAQUS, SAMCEF, ALGOR y PLAXIS.
- Asimismo, hay ejemplares de la Revista Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (RIMNI), de 1986 a 1987 y de 1999 a 2001, y ejemplares de Latin American Applied Research, desde 1993 a 1995.
- Se realiza la actualización permanente de la biblioteca electrónica de actas de congresos relativos a la especialidad (como por ejemplo la serie Mecánica Computacional de AMCA), que incluye actas desde el año 2001 hasta la fecha.
- Documentos de tesis finales de carrera desarrolladas en el grupo (un total de 9).
- Documentos de tesis doctorales, desarrolladas por integrantes o exintegrantes del GIMNI (un total de 7).
- Todos los artículos científicos cuyos autores/co-autores son integrantes del GIMNI.

4.3.- Adquisición de libros y/o revistas en el período.

4.4.- Donación de libros y/o revistas en el período.

Se incorporaron, a la biblioteca electrónica de actas de congresos, los anales de eventos asociados a los ejes temáticos de investigación del GIMNI.

4.5.- Servicio de intercambio en el período.

II - ACTIVIDADES I+D+i

5.- INVESTIGACIONES

5.1. Proyectos en curso: Tipo de Proyecto, Código, Título, Fecha de inicio y finalización.

PID UTN 1759 – Interacción suelo-estructura en pilotes sometidos a cargas laterales: modelado experimental y numérico.

Inicio: 01/01/2013.

Finalización: 31/12/2015.

5.2. Director.

Dr. P.J. Sánchez.

5.3. Codirector.

Dr. F. Pinto (UNC).

5.4. Objetivos y descripción breve del proyector

Objetivos generales:

- Establecer un vínculo científico-académico sólido y productivo entre UTN-FRSF y la Universidad Nacional de Córdoba.
- Desarrollar una formulación mecánica rigurosa y consistente que permita el modelado numérico de pilotes sometidos a cargas laterales.

- Diagramar el protocolo de ensayo para pilotes a carga lateral en suelos regionales.

Objetivos específicos:

- Se busca analizar el comportamiento del pilote, en el rango de deformaciones bajas a moderadas, para poder determinar con precisión la rigidez inicial del sistema suelo–pilote, variable fundamental para el análisis de las respuestas en servicio.
- Se pretende recolectar datos experimentales para contrastar con los resultados de simulaciones numéricas, obtenidas de herramientas analítico-numéricas basadas en la teoría de interacción continuo-estructura desarrolladas a tal fin.
- Se busca continuar con una línea de trabajo existente en el GIMNI, la cual posee relación tangencial con la temática propuesta para el proyecto. Nos referimos en particular al modelado constitutivo multi-escala del hormigón (pilote) como material intrínsecamente heterogéneo.

Descripción breve del proyecto:

En la ingeniería geotécnica, más específicamente fundaciones, el análisis de interacción suelo-estructura ha despertado un interés generalizado. Entre uno de los problemas con mayor relevancia se menciona la necesidad práctica de realizar estimaciones de esfuerzos y desplazamientos en pilotes sometidos a cargas laterales. En cuanto a las aplicaciones prácticas ingenieriles que demandan la utilización de pilotes para resistir cargas laterales se destacan: las obras de defensa portuaria, defensa contra impacto de embarcaciones en puentes, fuerzas de tiro en estructuras atirantadas, esfuerzos sísmicos en estructuras de gran envergadura, fuerzas laterales en estribos de puentes, torres de transmisión de energía, estructuras tipo offshore, etc.

Estos problemas están gobernados por fenómenos de interacción suelo–estructura que son complejos de describir y estudiar, por lo que generalmente se recurre a modelos simplificados de análisis. Los resultados obtenidos mediante estas técnicas generalmente son limitados, precisamente por la simplificada representación de la interacción tridimensional en el entorno del pilote que se intenta modelar, lo que evidencia la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de estudio. A pesar de los valiosos aportes realizados hasta el presente por numerosos investigadores, el tema en discusión no está para nada resuelto. Muy por el contrario, representa un tópico en continuo desarrollo e investigación, hecho que motiva nuestra propuesta de trabajo.

En vista de la discusión previa, y a manera de síntesis, podemos argumentar que el presente proyecto plantea dos líneas de investigación bien definidas y complementarias.

La primera de ellas consta en la formulación de un modelo teórico-matemático con capacidad para simular la compleja interacción entre suelo-pilote. Esta tarea demanda el desarrollo de una formulación teórica consistente la cual, partiendo de las ecuaciones fundamentales de la mecánica de sólidos tridimensionales, se particulariza para el caso en estudio mediante la introducción de hipótesis cinemáticas y mecánicas admisibles desde el punto de vista ingenieril. Dada la complejidad del problema a resolver, la resolución del modelo involucra, necesariamente, la aplicación de técnicas numéricas; en especial se hará uso extensivo del Método de Elementos Finitos (MEF). En este contexto cada componente estructural, esto es el "suelo" y el "pilote", quedará representado por un modelo de elemento finito apropiado.

Si bien las herramientas numéricas han adquirido un impulso exponencial durante las últimas décadas, la confiabilidad de estas aproximaciones radica en la correcta validación y caracterización de los parámetros que gobiernan el modelo. Para lograr tal propósito se propone como segunda actividad del proyecto diagramar un protocolo de un ensayo de carga en pilotes ante esfuerzos laterales. Este desarrollo puede ser utilizado en futuros proyectos para llevar adelante la compleja tarea de montar y ejecutar el ensayo, en suelos de nuestra zona.

5.5. Logros obtenidos

Se desarrolló de un modelo mecánico consistente partiendo de la formulación del problema completo 3D e introduciendo explícitamente la superficie de interacción entre el suelo y el pilote, la que divide el problema en 2 subdominios. Posteriormente se realizaron hipótesis cinemáticas sobre una de las porciones del problema, adoptando por ejemplo cinemática de viga para la porción que representa el pilote y dejando la cinemática 3D para el suelo, con el fin de reducir el orden de las incógnitas a resolver mediante FEM.

Se propusieron las restricciones cinemáticas y de continuidad de tensiones necesarias en esta frontera interna del problema (interfaz suelo-pilote) para no violar principios de mecánicas fundamentales.

Se propuso de esta manera una nueva forma de embeber elementos de vigas en elementos de sólidos 3D que vienen equipados con una interfaz de transferencia de carga entre ambos.

Los desarrollos mencionados, restringidos al contexto de modelos elásticos, se generalizaron para incluir efectos no lineales de plasticidad concentrada entre la interfaz suelo-pilote. De esta forma es posible modelar condiciones reales de trabajo.

Se implementaron estos modelos de interacción en un código de FEM desarrollado a tal fin y se validaron los resultados con soluciones semi-analíticas (para los casos elásticos) y contra los resultados obtenidos en software comerciales para los casos elasto-plásticos.

Se avanzó además en el desarrollo del protocolo de ensayo de los pilotes que se prevén ejecutar y ensayar. En este sentido se estimaron los escalones de carga necesarios, la respuesta estimada de los pilotes, la disposición general del ensayo, etc.

Se lograron dos aportes científicos originales durante el período 2015. Uno de ellos quedó documentado en los anales del XV Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (XV PCSMGE 2015), ver referencia [11] en sección 6.1. El restante en una revista internacional indexada, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, ver referencia [4] en la sección 7.1.

El Ing. Civil Diego Turello, integrante del proyecto y quien llevó adelante la línea principal de investigación del proyecto bajo la orientación de los Dres. F. Pinto y P.J Sánchez, defendió y aprobó su tesis doctoral a finales del año 2015. De esta forma accedió al Título académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería de la UNC. Este hecho es, sin lugar a dudas, uno de los logros más trascendentes del proyecto.

5.6. Dificultades encontradas

No se han registrado dificultades durante el transcurso del proyecto en lo concerniente al desarrollo teórico y numérico de los modelos propuestos.

En cuanto a la componente experimental, inicialmente considerada como uno de los puntos fuertes del proyecto, se menciona la dificultad/complejidad para gestionar la compra de artículos importados, necesarios para el montaje de los experimentos, como así también la dificultad en cuanto a disponibilidad física para el emplazamiento concreto del ensayo. Por tal motivo, este ensayo no pudo ejecutarse durante el proyecto, aunque sí se avanzó en la definición completa del protocolo de ensayo.

Otro aspecto desfavorable a mencionar es que, durante 2015, UTN-FRSF no pudo adquirir el equipamiento informático solicitado en el contexto del proyecto, por inconvenientes internos en el proceso de compras. Afortunadamente, y debido a utilización de recursos externos, este problema no afectó el desarrollo del último año del proyecto.

5.1. Proyectos en curso: Tipo de Proyecto, Código, Título, Fecha de inicio y finalización.

PID UTN 3567 – Modelado de materiales heterogéneos mediante técnicas multiescalas.

Inicio: 01/01/2015.

Finalización: 31/12/2016.

5.2. Director.

Dr. P.J. Sánchez.

5.3. Codirector.

5.4. Objetivos y descripción breve del proyector

Objetivos generales

- Contribuir a la formación de recursos humanos calificados y fortalecer la colaboración científica con grupos nacionales e internacionales abocados a temas afines.
- Desarrollar metodologías multiescala en el contexto de la Mecánica Computacional, para ser aplicadas a una gran variedad de materiales heterogéneos y a una gran diversidad de problemas ingenieriles.
- Entender más acabadamente el papel que cumplen los fenómenos microscópicos en el comportamiento termo-mecánico macro-estructural del material, minimizando al máximo posible el nivel de empirismo que afecta a muchas de las formulaciones actuales.
- Desarrollar, dentro de un entorno de análisis multiescala, formulaciones para transferencia de calor incluyendo términos fuente, y aplicarlos a diferentes problemas ingenieriles, como por ejemplo la generación de calor en estructuras masivas de hormigón.

Objetivos específicos

- Desarrollar, implementar y evaluar una formulación multiescala direccionada a simular falla y fractura de materiales heterogéneos.
- Desarrollar una formulación multiescala que preserve la objetividad de los procedimientos de localización-homogeneización, con relación al tamaño del Elemento de Volumen Representativo, en problemas de falla de materiales heterogéneos.
- Implementar una microcelda representativa para analizar los fenómenos de falla en materiales cuasi-frágiles a nivel de la meso-escala (como por ejemplo el hormigón). Evaluar la integridad macro-estructural con el modelo propuesto.
- Evaluar la performance de la metodología multiescala propuesta mediante una comparativa con DNS (Simulación Numérica Directa).

- Desarrollar técnicas numéricas específicas de elementos finitos para que la implementación computacional de los modelos multiescala resulte viable.
- Desarrollar formulaciones multiescala que permitan estudiar la sensibilidad de la respuesta macroscópica térmica en materiales cuya microestructura posee constituyentes que producen/liberan calor, producto de una reacción química. Aplicación a materiales cementicios en general y hormigones en particular.

Descripción breve del proyecto:

La gran mayoría de los materiales de uso tecnológico poseen una micro-estructura esencialmente heterogénea, como por ejemplo: una matriz cementante, poros, agregados de partículas, fibras, fisuras, inclusiones, defectos, etc. Muchas veces ese grado de heterogeneidad tiene una influencia directa en las propiedades macroscópicas que utilizamos a nivel ingenieril para analizar su comportamiento frente a acciones externas.

Con el avance de las técnicas y metodologías de ensayo/observación, hoy en día es posible caracterizar las propiedades de cada una de las fases que componen un material heterogéneo. Esta posibilidad abre las puertas a un paradigma alternativo para la caracterización de las propiedades macroscópicas, el cual consiste en evaluar las interacciones sofisticadas que se dan entre tales heterogeneidades y obtener, por homogeneización o promediado, la propiedad macroscópica deseada. Estas técnicas se denominan metodologías multiescalas, dado que ponen en juego la física a diferentes niveles (o escalas) de observación.

En el presente proyecto de investigación se plantea entonces el estudio y desarrollo de formulaciones multiescala para modelar materiales heterogéneos. El análisis se restringe a aproximaciones basadas en la existencia de dos escalas físicas, con longitudes características diferenciadas, a saber: (i) la escala macroscópica cuyo orden de magnitud se corresponde al tamaño de los elementos estructurales convencionales y (ii) la escala micro o mesoscópica donde es apreciable el grado de heterogeneidad material.

En la escala macro se resuelven las ecuaciones clásicas de equilibrio (que dependerán del tipo de problema en cuestión: mecánico, térmico, termo-mecánico), mientras que la escala micro se modela a través del concepto de "Elemento de Volumen Representativo (EVR)", permitiendo de esta forma llevar en cuenta la compleja interacción entre los constituyentes microscópicos del material. El acoplamiento entre las escalas involucradas se pone de manifiesto al postular mecanismos de transferencia de información entre éstas, los cuales deberán respetar consistencia cinemática, energética y termodinámica, para que el modelo resultante quede rigurosamente fundamentado desde un punto de vista teórico y posea sustento físico.

Dada la complejidad del problema propuesto, se utilizarán técnicas numéricas basadas en el método de elementos finitos para analizar ambas escalas de aproximación y su interacción.

El proyecto está direccionado a determinar la respuesta efectiva mecánica y térmica (no-lineal) en materiales heterogéneos de importante uso tecnológico, y como caso particular en hormigones. Las aplicaciones ingenieriles de estos estudios, como también la posible transferencia al medio, son directas. Los métodos teóricos y numéricos a utilizar se encuentran en la vanguardia del conocimiento científico, siendo tema de intensa investigación en la actualidad. Por ende se considera que los aportes derivados del presente proyecto pueden contribuir significativamente a entender más profundamente el comportamiento de materiales heterogéneos.

Dada la generalidad inherente a las estrategias tipo multiescalas, no se descartan aplicaciones a materiales de comportamiento constitutivo mucho más sofisticado, como por ejemplo tejidos biológicos.

5.5. Logros obtenidos

Dentro del contexto del presente proyecto PID-UTN se ha avanzado en varias direcciones, a saber:

- Se desarrollaron los fundamentos teóricos y variacionales de formulaciones multiescalas basadas en el concepto de "EVR". La metodología general propuesta, denominada Método de Potencia Virtual Multiescala (MPVM), puede utilizarse como base para el planteamiento de problemas multiescalas muy diversos y, más importante aún, para extender las teorías actualmente en estudio. Los resultados más importantes relacionados a la temática en cuestión se han publicado en: un Congreso Nacional (ver referencia [8] en sección 6.1), un Congreso Panamericano (véase referencia [9] en sección 6.1) y un artículo en revista internacional indexada (ver referencia [3] en sección 7.1). Este trabajo se desarrolla en colaboración directa con investigadores del LNCC (Petrópolis, R.J., Brasil) y de la Universidad de Swansea (R.U.).
- Se postuló un modelo multiescala para sólidos, en cinemática de grandes deformaciones, que incluye los efectos de fuerzas de cuerpo y fuerzas de inercia que se manifiestan en la escala micro. Las ideas elaboradas en este modelo sirven de base para estudios de dinámica, propagación de ondas en materiales heterogéneos y en problemas de acústica. Detalles específicos sobre este aporte pueden encontrarse en la referencia [2] de la sección 7.1., que corresponde a un artículo en revista internacional indexada. Este trabajo se lleva adelante en colaboración con investigadores del LNCC (Petrópolis, R.J., Brasil) y la Universidad de Swansea (R.U.).
- Se trabajó sobre metodologías teórico/numéricas para modelar fractura cuasi-frágil en materiales, mediante aproximaciones tipo "phase-field". En particular, se estudiaron detalladamente aspectos termodinámicos en el acoplamiento de mecanismos de daño y elasto-plasticidad. Los resultados de las investigaciones quedaron documentados en una de las revistas internacionales con mayor factor de impacto en nuestra área (véase

referencia [1] en sección 7.1). Esta pesquisa se lleva adelante en colaboración con el profesor F. Duda de la UFRJ (Río de Janeiro). Así mismo, el Ing. Civil Ángel Ciarbonetti (integrante del GIMNI) desarrolló gran parte de su tesis doctoral en esta temática.

- Se iniciaron estudios tendientes a la posible aplicación de técnicas multiescalas en el modelado de materiales biológicos, en particular tejidos de paredes arteriales. En esta actividad se colabora muy estrechamente con profesores y becarios del LNCC (Petrópolis, R.J., Brasil). Algunos resultados preliminares de estas investigaciones pueden encontrarse en la referencia [12] de la sección 6.1., que corresponde a un Congreso Latino Americano de Mecánica Computacional (CILAMNCE-2015). La idea (a muy largo plazo) es modelar, mediante simulación numérica, el comportamiento constitutivo complejo de arterias, y disponer de índices que cuantifiquen el grado o probabilidad de ruptura de las mismas. El alumno Felipe Figueredo Rocha, estudiante de doctorado del LNCC, ha realizado una visita de investigación en este tema, bajo la dirección del Dr. P.J. Sánchez.
- Otro tópico que se ha estudiado en el contexto del presente proyecto, en realidad se continúa una línea de trabajo iniciada con anterioridad, es la propuesta de formulaciones multiescalas para modelar falla por propagación de fisuras en materiales heterogéneos, típicamente hormigón. Se han extendido y generalizado ideas ya propuestas por los integrantes del proyecto, para tener en cuenta ahora la nucleación de de fisuras cohesivas tanto a nivel macroscópico como a nivel de la escala micro-mecánica. En las referencias [10] y [13], de la sección 6.1, pueden encontrarse publicaciones asociadas a estas tareas, las cuales corresponden a un Congreso Panamericano y un Congreso Internacional, respectivamente.
- Por último se menciona también el estudio de estrategias multiescalas para problemas de transferencia de calor, incorporando términos de generación de calor interna. Se han analizado aspectos termodinámicos básicos como así también enfoques variacionales alternativos para formular el problema. Estas actividades se llevan a cabo en colaboración con el Dr. S. Giusti de la UTN-FRC y con el profesor F. Duda de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). La visita de trabajo que realizaron los Dres. P.J. Sánchez y S. Toro al departamento de Ing. Mecánica de la UFRJ, en diciembre de 2015, ponen de manifiesto esta interacción.

5.6. Dificultades encontradas

No se han registrado dificultades durante el transcurso del proyecto en lo concerniente al desarrollo de los modelos propuestos.

Un aspecto ciertamente desfavorable a mencionar es que, durante 2015, UTN-FRSF no pudo adquirir el equipamiento informático solicitado en el contexto del proyecto, por inconvenientes internos en el proceso de compras. Afortunadamente, y debido a utilización de recursos externos, este problema no ha afectado el normal desarrollo del proyecto, aunque se considera de suma importancia que en el ejercicio 2016 puedan efectivizarse tales compras.

5.1. Proyectos en curso: Tipo de Proyecto, Código, Título, Fecha de inicio y finalización.

PID UTN 3526 – Mecánica de fluidos computacional con aplicaciones en flujo con superficie libre

Inicio: 01/01/2015.

Finalización: 31/12/2016.

5.2. Director.

Dra. Laura Battaglia.

5.3. Codirector.

5.4. Objetivos y descripción breve del proyector

Objetivos generales:

- Generación y mejora de herramientas de simulación numérica orientadas a la resolución de flujos con superficie libre o con interfases móviles, mediante computación de alto desempeño. Los recursos computacionales así generados, de código abierto, podrán ser empleados en el estudio de flujos con superficie libre para aplicaciones en construcciones civiles, dispositivos mecánicos o equipamientos industriales, dadas sus potenciales aplicaciones en diversos sectores productivos, así como también en ámbitos académicos y estatales. Se pretende que dichas herramientas provean mayor precisión en los resultados, al tiempo que permitan un ahorro de recursos en la resolución de problemas de ingeniería no triviales, tanto en la etapa de proyecto como en la verificación de servicio.

Objetivos específicos:

- Modelado de flujo con superficie libre y a dos fases. Se propone implementar y ampliar algoritmos para simular flujos con superficie libre y flujos a dos fases, transitorios e isotérmicos, para el caso de fluidos

viscosos e incompresibles, mediante el método de los elementos finitos -y otros métodos numéricos-, con el propósito de resolver problemas en dos y tres dimensiones espaciales.

- Modelado multifísica. Las diferentes estrategias aplicadas para simular flujos con superficie libre o interfaces involucran la resolución de dos o más problemas acoplados.

Breve descripción del proyecto:

En relación al modelado de flujos con superficie libre y a dos fases, primeramente se trabajará en la resolución de problemas que abarcan grandes extensiones espaciales, o infinitos, empleando dominios computacionales de dimensiones mucho menores, con la consecuente disminución de costos computacionales. Tales algoritmos deberán posibilitar la definición de fronteras numéricas artificiales que no perturben la simulación del flujo en la región de interés mediante estrategias para evitar la reflexión o generación de olas en los contornos ficticios. Se emplearán para ello capas absorbentes, que consisten en definir regiones contiguas a los contornos artificiales en las cuales se proponen técnicas numéricas para evitar el ingreso o reflejo de ondas espurias al dominio de resolución. En segundo término, se realizarán simulaciones de flujo con superficie libre y a dos fases para casos de agitación de mediana y gran amplitud, respectivamente, en tanques de almacenamiento o de transporte de combustible. Las metodologías consideradas para detectar la posición de la superficie libre serán dos. La primera de ellas, de seguimiento de interfase, consiste en resolver el problema del fluido en un dominio del cual una de las fronteras constituye la superficie libre; por ello, al evolucionar temporalmente el problema, el dominio sufre deformaciones que afectan la discretización de elementos finitos, motivo por el cual es empleado en casos de pequeños o moderados desplazamientos de la superficie libre. La segunda metodología, del tipo de level set, se resuelve en un dominio fijo y requiere la definición de una función escalar auxiliar cuyo valor indica la posición de la interfase, de manera tal que se resuelve flujo a dos fases, siendo apto para casos con grandes deformaciones e, inclusive, con rotura de la superficie libre.

Respecto al segundo objetivo específico, modelado multifísica, se prevé utilizar una metodología de acoplamiento débil que consiste en resolver numéricamente, en cada paso de tiempo, cada campo por separado, empleando programas específicos que coordinan el intercambio de información entre ellos. La gran cantidad de incógnitas que surge al resolver estos problemas exige la disponibilidad de metodologías y equipamiento apropiados, como ser los códigos computacionales, procesadores y PCs de alto rendimiento, y eventualmente clusters para el cálculo en paralelo.

5.5. Logros obtenidos

Se realizaron actividades abarcando dos temáticas diferentes.

En la primera de ellas, relacionada con la simulación de flujo con superficie libre, se realizaron actividades en el marco de la estrategia level set aplicado a la agitación en tanques cerrados, particularmente en cuanto a la validación del método numérico con resultados experimentales. En el contexto de estas tareas se realizan colaboraciones permanentes con Dra. Cruchaga, profesora de la Universidad de Santiago de Chile e invitada por la Universidad Nacional del Litoral. Se espera que los resultados sean publicados en el transcurso de 2016 en revistas indizadas y en congresos de la especialidad.

La segunda temática se desarrolla gracias a la incorporación del Dr. P. Kler al Grupo, y consiste en una aplicación de la Mecánica de Fluidos Computacional a las simulaciones de isoelectroenfoque. El isoelectroenfoque (IEF de su sigla en inglés) es una técnica bioanalítica ampliamente difundida y aplicada a diferentes campos de aplicación como salud, alimentos y control ambiental, entre otros, cuyo uso ha aumentado notablemente los últimos años. El trabajo consistió en el desarrollo y validación de una herramienta de asistencia experimental para IEF, que incluye una interfaz de usuario amigable para permitir al usuario experimental de IEF la predicción de los principales parámetros para el estudio de proteínas particulares. Esta línea de trabajo, en el cual participó el becario de investigación Gabriel Gerlero, dio lugar a la presentación en las Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos JIT2015 titulada "Desarrollo de una aplicación predictiva de asistencia experimental para la optimización de isoelectroenfoque". Esta presentación oral resultó premiada, y será publicada en formato de artículo para la revista "TECNOLOGÍA Y CIENCIA" (ISSN 1666 – 6917).

5.6. Dificultades encontradas

No se encontraron inconvenientes que afectaran el desarrollo del proyecto.

5.1. Proyectos en curso: Tipo de Proyecto, Código, Título, Fecha de inicio y finalización.

PID UTN 3527 – Estudio de Desgaste en Componentes Mecánicos a través del Método de los Elementos Finitos.

Inicio: 01/01/2015.

Finalización: 31/12/2016.

5.2. Director.

Federico J. Cavalieri.

5.3. Codirector.

5.4. Objetivos y descripción breve del proyector

Objetivos generales:

- Desarrollar modelos numéricos que permitan predecir la vida útil de componentes mecánicos desde el punto de vista del desgaste. Se utilizará el Método de los Elementos Finitos (MEF) para las simulaciones, cuyos resultados se validarán tanto mediante resultados de ensayos experimentales en máquinas especialmente diseñadas para este tipo de estudios como con datos tomados de la bibliografía disponible.

Objetivos específicos

- Se pretende predecir/aumentar la vida útil al desgaste de componentes mecánicos como ser: engranajes, componentes de motores, contactores de componentes eléctricos, entre otros, mejorando diseños existentes y proponiendo nuevos a través de la aplicación y desarrollo de programas de computación que permitan obtener las constantes propias de los modelos y características superficiales de los cuerpos en contacto.
- Uso de algoritmos de contacto y de desgaste desarrollados por el director del proyecto y se implementarán otros novedosos.
- Ampliación de estos algoritmos para el modelado multi-escala de cuerpos en contacto.
- Conocer con mayor exactitud cuáles son los procesos y relaciones entre la rugosidad, la fricción, las velocidades de deslizamiento y velocidades de propagación de ondas de tensión por impacto, que influyen sustancialmente en las presiones de contacto y que generan mecanismos de desgaste.

Breve descripción del proyecto:

El proceso de contacto y/o desgaste es complejo, pues se produce a escalas muy reducidas. Experimentos recientes entre cuerpos en contacto a escalas muy pequeñas han demostrado que, por ejemplo, el coeficiente de fricción depende fuertemente del tamaño de las asperezas y de la rugosidad. Como se sabe, las características de las presiones de contacto están relacionadas con las propiedades de la compleja textura de las interfases en contacto. Todos estos parámetros se consideran a través de relaciones constitutivas macroscópicas, por ejemplo, a través de la clásica ley de fricción de Coulomb, que en su forma más simple se caracteriza con un solo coeficiente: el de fricción. En forma similar, para el caso de desgaste, sólo un coeficiente interviene en la ecuación de Archard. Sin embargo, no es posible determinar cuál es la influencia o dependencia de la rugosidad en las presiones de contacto y en el coeficiente de fricción o de desgaste, lo que permitiría mejorar los diseños de componentes mecánicos. Algunas formulaciones teóricas estudian el contacto de dos cuerpos teniendo en cuenta la rugosidad superficial. En el caso del modelo de Greenwood y Williamson, éste asume que el radio de curvatura de las asperezas de la interfases de contacto se mantiene constante. La utilización de un solo radio de curvatura es algo ambiguo y es dependiente de la escala con que se está midiendo el radio. Para evitar este inconveniente se han propuesto modelos aleatorios en donde las interfases de contacto con asperezas son modeladas con paraboloides elípticos. Otra propuesta es el desarrollo de ecuaciones constitutivas para la aproximación micro-mecánica de dos cuerpos en contacto utilizando funciones de respuesta para las tensiones normales y tangenciales, en términos de parámetros tales como el área real media de contacto o las velocidades relativas medias. En general, el comportamiento micro-mecánico depende de parámetros mecánicos, como la dureza, y de parámetros superficiales, como la rugosidad. Sin embargo el fenómeno micro-mecánico es extremadamente complejo debido a las elevadas presiones de contacto locales y posibles deformaciones finitas a ese nivel.

La realización de ensayos experimentales resulta de gran utilidad para optimización de diseños de componentes mecánicos, pero no permite aislar los efectos a un nivel micro y analizarlos individualmente, lo que dificulta la predicción de las dependencias que existen entre ellos. Como alternativa, la simulación numérica permitiría separar y analizar con relativa facilidad los diferentes procesos y parámetros que intervienen en el contacto, y ofrecer una visión detallada de factores que influyen en la fricción y en el desgaste en componentes mecánicos.

El incremento en el desarrollo de técnicas multi-escala, se ve motivado por la necesidad de contar con modelos más precisos y elaborados en comparación con las teorías fenomenológicas clásicas, que aparentemente estarían alcanzando un límite en su capacidad descriptiva y/o predictiva. Por ejemplo, la microestructura de un material biológico puede ser extremadamente compleja para ser descripta con teorías fenomenológicas convencionales. Además, el uso de técnicas numéricas, en especial el Método de los Elementos Finitos, se hace cada vez más popular en aplicaciones de interés ingenieril, provocando un aumento en la demanda de aplicaciones con requerimientos más exigentes en la descripción del comportamiento constitutivo de materiales, como así también en el funcionamiento de los componentes mecánicos. El desarrollo y uso de las teorías multi-escala en estos casos resulta ser una alternativa tentadora que permite superar las mayores debilidades de las teorías fenomenológicas al proponer descripciones con mayor sustento teórico.

En el caso del contacto mecánico y el desgaste, interactúan un número importante de mecanismos microscópicos, como rugosidad, efectos de lubricación y depósitos de diversos tipos en la interfase de contacto, resultando en un

comportamiento macroscópico complejo, difícil de ser modelado teniendo en cuenta estas variables. Una alternativa viable para mejorar la precisión de las variables referidas al contacto, como la presión de contacto o la fricción, podría ser el desarrollo de nuevos modelos fenomenológicos que incluyan un gran número de variables internas capaces de capturar los efectos macroscópicos de los mecanismos microscópicos más relevantes. La principal limitación de esta metodología radica en la dificultad asociada con la caracterización de las leyes de evolución para las variables internas adicionales. Desde el punto de vista de la mecánica computacional, las variables internas que se adicionan generan un aumento en la dimensión del problema que se requiere resolver, agregando mayor complicación a la solución.

Una segunda alternativa consiste en la adopción de modelos multi-escala, mediante los cuales la información microscópica puede ser incorporada en las descripciones macroscópicas utilizando técnicas de homogenización o promediado. En el contexto de modelos constitutivos, la técnica de homogenización fue propuesta por Hill y Mandel, mientras que para el caso específico de contacto mecánico utilizando técnicas computacionales, puede encontrarse una descripción preliminar en Wriggers-Nettungsmeier.

5.5. Logros obtenidos

En primer término, se analizaron los distintos algoritmos de contacto en el marco de una aproximación basada en el método de los elementos finitos. Luego, se realizó una revisión crítica de la bibliografía con el objetivo de establecer claramente el estado actual del conocimiento sobre el tema algoritmos de contacto donde además se tenga en cuenta la rugosidad de las superficies.

Inicialmente, se propuso un método de homogeneización para el estudio de la presión media de contacto entre dos cuerpos tridimensionales con interfaces de contacto rugosas, a través del Método de los Elementos Finitos. Las rugosidades propuestas para las simulaciones se obtuvieron modificando la forma original de la interface de contacto mediante un algoritmo que permite introducir una geometría rugosa con ciertas características definidas por el usuario. El software utilizado para la generación del algoritmo fue Matlab. Luego, a medida que los cuerpos se van acercando, para cada paso de tiempo, se calcula la presión media de contacto en función de la distancia entre las alturas medias de las rugosidades. Se encontró una relación cuadrática entre la presión media de contacto y la distancia a los planos medios de las superficies rugosas. El modelo implementado fue validado con soluciones semi-analíticas provistas por la bibliografía. Las actividades fueron realizadas por el becario Pablo Modini, bajo la dirección del Dr. F. Cavaliere y con la asistencia del Dr. P. Sánchez. Los resultados obtenidos fueron presentados por el becario en las Jornadas Jóvenes Investigadores Tecnológicos de Venado Tuerto, 2015, en el formato póster y como trabajo completo.

Se pretende continuar esta línea de investigación para incluir el modelo de contacto en ejemplos de aplicación, tal es el caso de engranajes, válvulas de motores de combustión interna para luego predecir la vida útil de un componente o sistema desde el punto de vista de desgaste. Actualmente se dispone de una máquina especialmente diseñada para estudios de desgaste, con la que será posible validar los algoritmos propuestos. Se pretende que, a partir de los resultados obtenidos en este trabajo, sea posible ampliar la línea de investigación con el fin de conocer mejor la influencia en las presiones de contacto cuando se incluyan efectos de plasticidad, coeficientes de fricción y se simulen procesos de desgaste. Asimismo, se espera que los resultados que se obtengan sean publicados en congresos y en revistas especializadas.

Además de las actividades inherentes al Proyecto, el becario se capacitó en la utilización del software de elementos finitos Oofelie (Object Oriented Finite Elements Led by Interactive Executor). Oofelie es un entorno de programación que comprende distintas herramientas de programación implementadas en el lenguaje de programación C++, orientadas a la resolución de problemas de la Mecánica del Continuo por medio del MEF. Paralelamente, el becario se capacitó en la utilización de los siguientes softwares i) SAMCEF: para la generación de las geometrías, malla, condiciones de borde y ii) ParaView para la visualización de los resultados.

5.6. Dificultades encontradas

No se han registrado dificultades durante el transcurso del proyecto en lo concerniente al desarrollo teórico y numérico de los modelos propuestos.

6.- CONGRESOS Y REUNIONES CIENTÍFICAS

6.1.- Indicar el nombre de la reunión científica y/o congreso, lugar y fecha de realización, personas asistente del Grupo y títulos y autores de los trabajos presentados.

- [1] Kler, P. A. and Berli, C. L. Prototipo Numérico de Inmunoensayos de Flujo Lateral. In: Segunda Reunión de Microfluídica Argentina, Santa Fe, 26 y 27 de octubre de 2015. Poster.
- [2] Kler, P. A., Sydes, D., Zipfl, P., and Huhn, C. Desarrollo de un sistema de medición en línea de potencial eléctrico intermedio para electroforesis capilar multidimensional. In: Segunda Reunión de Microfluídica Argentina, Santa Fe, 26 y 27 de octubre de 2015. Poster.
- [3] Sydes, D., Kler, P. A., and Huhn, C. Hyphenation of 2D heart cutting CIEF/CE-MS. In: ANAKON 2015, Graz (Austria), 23 al 26 de marzo de 2015. Poster.

- [4] Sydes, D., Kler, P. A., Lutz, D., Zipfl, P., and Huhn, C. Hyphenation of 2D heart cutting CIEF/CEMS. In: CE Pharm 2015: CE in the Biotechnology & Pharmaceutical Industries: 17th Symposium on the Practical Applications for the Analysis of Proteins, Nucleotides and Small Molecules, New York, 20 al 24 de septiembre de 2015. Poster.
- [5] Sydes, D., Kler, P. A., Lutz, D., Zipfl, P., Meyer, H., and Huhn, C. On-chip intermediate fluorescence, conductivity and potential detection for 2D electrophoretic separations. In: CE Pharm 2015: CE in the Biotechnology & Pharmaceutical Industries: 17th Symposium on the Practical Applications for the Analysis of Proteins, Nucleotides and Small Molecules, New York, 20 al 24 de septiembre de 2015. Poster.
- [6] Sydes, D., Kler, P. A., Lutz, D., Zipfl, P., Meyer, H., and Huhn, C. On-Chip intermediate fluorescence, conductivity and potential detection for 2D electrophoretic separations. In: ANAKON 2015, Graz (Austria), 23 al 26 de marzo de 2015. Poster.
- [7] Gerlero, G. "Desarrollo de una aplicación predictiva de asistencia experimental para la optimización de isoelectroenfoque". Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos, JIT-2015, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina. Director del trabajo: P. Kler. Proyecto PID UTN 3526.
- [8] P.J. Blanco, P.J. Sánchez, E.A. de Souza Neto, R.A. Feijóo. "A virtual power principle for RVE-based multiscale models". Abstract. V MACI 2015, Congreso de Matemática Aplicada, Computacional e Industrial, 04-06 de Mayo, 2015, Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- [9] P.J. Blanco, P.J. Sánchez, E.A. de Souza Neto, R.A. Feijóo. "On the virtual power principle for RVE-based multiscale models". First Pan-American Congress on Computational Mechanics, PANACM 2015, 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [10] S. Toro, P.J. Sánchez, P.J. Blanco, E.A. de Souza Neto, A.E. Huespe, R.A. Feijóo. "Semi-concurrent two-scale model for material failure based on the cohesive crack concept". Abstract. First Pan-American Congress on Computational Mechanics, PANACM-2015, 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [11] D. Turello, F. Pinto, P. Sánchez. "Interacción suelo-estructura en pilotes cargados lateralmente mediante elementos de viga embebidos en sólidos". XV Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (XV PCSMGE 2015), 15 al 18 de noviembre de 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [12] F. Figueredo Rocha, P.J. Blanco, P.J. Sánchez, A.E. Huespe, R.A. Feijóo. "A multi-scale approach to model arterial tissue". XXXVI Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 22-25 de Noviembre de 2015, Río de Janeiro, Brasil.
- [13] S. Toro, P.J. Sánchez, P.J. Blanco, A.E. Huespe, R.A. Feijóo, "A Multiscale Formulation for Cohesive Fracture Analysis". Int. Conf. on Comput. Modeling of Fract. and Failure, CFRAC 2015, 3-5 June 2015, Paris, France.
- [14] P. Modini. "Estudio del contacto entre dos cuerpos con superficies rugosas a través del método de elementos finitos". Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológico, JIT-2015, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina. Director del trabajo: F. Cavalieri. Proyecto PID UTN 3527.
- [15] A. Cardona, F. Cavalieri, O. Brüls, V. Acary. "Nonsmooth generalized-a scheme for the simulation of flexible multibody systems with impacts". Semi-Plenary lecture. First Pan-American Congress on Computational Mechanics, PANACM-2015, 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [16] N. Nigro, H. Aguerre, J.M. Giménez, S. Márquez Damián, D. Ramajo. "CFD Simulation of Primary Atomization for Engine Applications". Argentina. First Pan-American Congress on Computational Mechanics, PANACM-2015, 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [17] S. Márquez Damián, N. Nigro, G. Buscaglia. "A Finite Volume Method for the Mixture Model of Incompressible Multiphase Flows". First Pan-American Congress on Computational Mechanics, PANACM-2015, 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- [18] N. Nigro, J.M. Giménez, S. Idelsohn, S. Márquez Damián, H. Aguerre, D. Ramajo. "Assessment of PFEM to solve primary atomization problems". VI International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering - COUPLED 2015. International Association for Computational Mechanics. Italia. Venecia. 2015.

6.2.- Nómina de los eventos organizados por el Grupo.

- El Dr. P. Kler participó como miembro del Comité Organizador de la Segunda Reunión de Microfluídica Argentina, desarrollada en Santa Fe, Argentina, 26-27 de octubre, 2015.
- El Dr. P. Sánchez participó como miembro organizador del mini-simposio Multiscale Computational Design of Engineering Materials, en el Primer Congreso Panamericano de Mecánica Computacional (PANACM-2015), 27-29 de Abril, 2015, Buenos Aires, Argentina.
- El Dr. P. Kler fue Coordinador de la sesión de Poster en la JIT 2015, Jornada de Jóvenes Investigadores Tecnológicos, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.

6.3.- Actividades con otras universidades nacionales y extranjeras, tipo de actividad, fecha, participantes, duración, resultados.

- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná. Se trabaja en forma conjunta con esta facultad regional en lo referente al dictado de la Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción. Participantes: L. Battaglia, P.J. Sánchez, V. Sonzogni.
- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Se trabaja en cooperación con el Dr. S. Giusti en diversas temáticas: (i) formulación y desarrollo de modelos multiescalas para problemas termo-mecánicos, (ii) aplicaciones de derivada topológica en problemas multiescalas, (iii) diseño y optimización de micro-estructura material. Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Universidad Nacional de Córdoba. Se trabaja en cooperación con el Dr. F. Pinto en temas relacionados a interacción suelo-estructura. En particular, entre el Dr. F. Pinto y el Dr. P. Sánchez ha llevado adelante un proyecto PID-UTN (1759) y dirigido la tesis doctoral del Ing. Diego Turello. Participantes: P.J. Sánchez, D. Turello.
- INTEMA, Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, Mar del Plata. Se trabaja en cooperación con el Dr. Adrián Cisilino y el Dr. Diego Fernandino en la aplicación y desarrollo de estrategias multiescalas para modelar aleaciones metálicas de tipo ADIS. Se pretende calibrar los modelos numéricos desarrollados en el GIMNI mediante ensayos experimentales a ejecutarse en INTEMA. Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Universidad Federal de Río de Janeiro. Se trabaja en cooperación con el profesor Fernando Duda en el estudio de aspectos termodinámicos fundamentales de modelos constitutivos fenomenológicos (plasticidad, daño, modelos de campos de fase/gradientes) y recientemente en fundamentos termodinámicos aplicados a aproximaciones de tipo multiescalas. Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Laboratorio Nacional de Computación Científica, Petrópolis, Río de Janeiro, Brasil. Se trabaja en cooperación con el Dr. R. Feijóo y el Dr. P. Blanco en la formulación rigurosa y variacionalmente consistente de metodologías multiescalas (problemas de falla de materiales, grandes deformaciones, modelos de alto orden, incorporación de fuerzas inerciales, etc). Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Universidad de Wales, Swansea, Reino Unido. Se trabaja en cooperación con el Dr. E.A. de Souza Neto en temáticas totalmente análogas al punto anterior. Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Se trabaja en cooperación con el Dr. J. Oliver en el modelado numérico de falla material, desarrollo de técnicas multiescalas adaptadas para tal fin, implementación de modelos de orden reducido (ROM), diseño de macro y micro-estructura material. Participantes: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Universidad de Charles, Praga. En el marco de un proyecto de cooperación bilateral, Gabriel Gerlero realizó una visita a la mencionada Universidad durante el período 26/09/2015 al 10/10/2015. Participantes: P. Kler, G. Gerlero.
- Universidad de Liege, Bélgica. Colaboración con el profesor Olivier Brüls en el desarrollo de algoritmos de integración temporal para sistemas dinámicos multi-cuerpos. Participante: F. Cavalieri.
- Universidad de Santiago de Chile. Colaboración con la profesora Marcela Cruchaga en el desarrollo de algoritmos numéricos para la simulación de flujos con superficie libre. Participante: L. Battaglia.
- Universidad de San Pablo. Colaboración con el profesor Gustavo Buscaglia. En esta línea de trabajo se desarrollan nuevos modelos matemáticos y numéricos en problemas de separación agua-petróleo (modelos a dos fases o de mezcla). Participante: S. Márquez Damián.

7.- TRABAJOS REALIZADOS Y PUBLICADOS

7.1.- Trabajos publicados en revistas con referato (indicar título, autores, nombre de la revista, lugar de publicación, año)

- [1] F.P. Duda, A. Ciaronetti, P.J. Sánchez, A.E. Huespe. "A phase-field/gradient damage model for brittle fracture in elastic-plastic solids". International Journal of Plasticity, 65, 269-296, 2015.
- [2] E.A. de Souza Neto, P.J. Blanco, P.J. Sánchez, R.A. Feijóo. "An RVE-based multiscale theory of solids with micro-scale inertia and body force effects". Mechanics of Materials, 80, 136-144, 2015.
- [3] P.J. Blanco, P.J. Sánchez, E.A. de Souza Neto, R.A. Feijóo. "Variational Foundations and Generalized Unified Theory of RVE-based Multiscale Models". Archives of Computational Methods in Engineering, accepted in-press, DOI 10.1007/s11831-014-9137-5, 2015.
- [4] D. Turello, F. Pinto, P.J. Sánchez. "Embedded beam element with interaction surface for lateral loading of piles". International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, accepted in-press, DOI: 10.1002/nag.2416, 2015.
- [5] Kler, P. A., Sydes, D., and Huhn, C. Column-coupling strategies for multidimensional electrophoretic separation techniques. Analytical and Bioanalytical Chemistry 407(1), 119-138, 2015.
- [6] F. Cavalieri, A. Cardona. "Numerical solutions for frictional contact problems based on a mortar algorithm with an augmented Lagrangian technique". Multibody System Dynamics. DOI: 10.1007/s11044-015-9449-8. En prensa.

7.2.- Trabajos publicados en revistas sin referato (indicar título, autores, nombre de la revista, lugar de publicación, año)

7.3.- Informes y memorias técnicas en el período (indicar título, autores; adjuntar resumen / abstract)

- Informe N°1. Contrato para actividades de asesoramiento técnico entre CIMNE y Universidad Nacional del Litoral. "Desarrollo de métodos computacionales para el análisis multiescala de materiales (COMP-DES-MAT). Año: 2015.

7.4.- Patentes, desarrollos y certificados de aptitud técnica en el período.

7.5.- Libros o capítulos publicados en el período (indicar título, autores, nombre del libro, lugar de publicación, año).

8.-REGISTROS Y PATENTES

8.1.- Registros de Propiedad Intelectual

8.2.- Registros de Propiedad Industrial

9.-OTRAS ACTIVIDADES

9.1.- Distinciones recibidas, institucionales y/o personales.

- En enero de 2015, la Dra. Laura Battaglia obtuvo la promoción a la categoría de Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Res. Directorio de CONICET N°4215/2014.
- A finales de 2015, el Ing. Civil Diego Turello obtuvo el título de Doctor en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Estructuras y Geotécnia, otorgado por la Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Director: Dr. F. Pinto. Co-dirección: Dr. P. Sánchez. Título de la tesis: "Interacción continuo estructura en pilotes sometidos a esfuerzos laterales en el rango de deformaciones bajas a moderadas".
- A principios de 2015, el Ing. Civil Ángel Carbonetti obtuvo el título de Doctor en Ingeniería, Mención Mecánica Computacional, otorgado por la Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Hídricas. Director: A.E. Huespe. Codirector: P.J. Sánchez. Título de la tesis: "Mecánica de fractura determinista: resolución del problema mediante simulación numérica".
- En las Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos 2015 (JIT-2015), UTN Facultad Regional Venado Tuerto, Gabriel Gerlero obtuvo el premio a "Mejor presentación Oral".
- El Dr. P. Kler obtuvo la categoría "C" de Docente-Investigador en Tecnológica, resolución de Consejo Superior de la UTN 194/2015 del 20/10/2015.

9.2.- Visitantes del país y del extranjero.

- Alumno: Daniel Sydes, Karls Eberhard Universität Tübingen. Pasantía de formación doctoral con financiación de DAAD. Período: 03/2015–07/2015. Director: P. Kler.
- Alumno: Felipe Figueredo Rocha, Laboratorio Nacional de Computación Científica (LNCC, Petrópolis, Río de Janeiro, Brasil). Pasantía de formación doctoral con financiación del LNCC. Período: 14/06/2015 al 13/07/2015. Director: P.J. Sánchez.
- Vista de trabajo del profesor Sebastián Giusti UTN-FRC (investigador Asistente Conicet). Última semana de diciembre de 2015. Tema de trabajo: modelado multiescala de materiales, aplicaciones a diseño de micro-estructura.
- Visita de trabajo de la profesora Marcela Cruchaga, de la Universidad de Santiago de Chile al CIMEC, Julio-Agosto de 2015. Tema de trabajo: Flujo con superficie libre con aplicaciones a agitación en tanques.

9.3.- Otras.

A continuación mencionamos un conjunto de actividades adicionales, realizadas por los integrantes del GIMNI, que tienen relación estrecha con los objetivos básicos del grupo:

- Durante el año 2015, L. Battaglia se desempeñó como Directora Académica de la "Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción" en la UTN-FRSF, Res. Consejo Superior UTN N°16/2014.
- Durante el año 2015, L. Battaglia se desempeñó como Coordinadora Académica de la "Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción", en la UTN-FRSF, Res. Consejo Superior UTN N°322/2013.
- Durante el año 2015, P.J. Sánchez formó parte del Consejo Asesor de la Secretaría de Ciencia y Técnica, UTN-FRSF.
- Durante el año 2015, P.J. Sánchez formó parte del Comité Académico de la "Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción" UTN-FRSF. RES. CSU. 429/2015.
- Durante 2015, los miembros del GIMNI participaron activamente (como integrantes y/o responsables) de distintos proyectos de investigación homologados por diferentes instituciones (nacionales e internacionales). Todos éstos tienen relación directa con los objetivos del GIMNI, a saber:

- Proyecto PICT 0938/2013 - Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT): "Resolución numérica de flujos con superficie libre y a dos fases". Inicio 2014. En ejecución. Directora: Laura Battaglia.
- Proyecto PIP-2012-CONICET. "Computación de alto desempeño en multifísica computacional aplicada a problemas de la ingeniería". Inicio 2013. En ejecución. Integrante: P. Kler, L. Battaglia. Director: Mario A. Storti.
- Proyecto PICT 2660/2014-ANPCYT: "Computación numérica intensiva de alto desempeño en mecánica computacional". Inicio 2015. En ejecución. Integrante: L. Battaglia.
- Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF) - Ministerio de Defensa de la Nación Argentina, 2014. "Modelo de ejercicio para lanzagranadas calibre 40x46mm". Inicio 2015. En ejecución. Integrante: L. Battaglia.
- Proyecto CAI+D-501-201101-00233-UNL. "Computación de alto rendimiento en Mecánica Computacional en GPU's". Inicio 05/2013. En ejecución. Integrante: L. Battaglia.
- Proyecto CAI+D-501-201101-00134-UNL. "Mecánica computacional en computadoras de alto desempeño". Inicio 05/2013. En ejecución. Integrante: L. Battaglia.
- Proyecto CAI+D-501-201101-00012-UNL. "Refinamiento adaptativo de mallas no estructuradas de elementos finitos en computadoras paralelas de memoria distribuida". Inicio 08/2013. En ejecución. Integrante: L. Battaglia.
- Proyecto CAI+D UNL. "Desarrollo de dispositivos espectroscópicos miniaturizados para análisis químicos y físicoquímicos". Período: 03/2014-05/2016. Monto financiado: \$36000. Integrante: P. Kler. Director: Claudio Berli.
- Proyecto PICT-2894. "Modelo computacional de sistemas mecánicos complejos". Período: 01/01/2015 al 31/12/2017. Director: A. Cardona. Integrante: F. Cavalieri.
- Proyecto CAI+D-UNL. Título: "Combinación de metodologías eulerianas y lagrangianas para resolver flujos multifásicos y multifluidos en forma eficiente". Período: 05/2013-05/2015. Director: N. Nigro. Integrante: S. Márquez Damián.
- Proyecto PIP-CONICET. Título: "Simulación computacional de sistemas de alta transferencia de calor en centrales nucleares". Período: 01/2013-01/2016. Director: D. Ramajo. Integrante: S. Márquez Damián.
- Proyecto Edital CNPq Universal, 2014. Título: "Modelagem Multi-Escala de Dano e Ruptura de Tecidos Biológicos. Aplicacao Avaliacao do Risco de Ruptura de Aneurismas Cerebrais. Integrante: P.J. Sánchez. Coordinador Pablo Javier Blanco. En ejecución.
- Proyecto Edital MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/FAPERJ/FAPESP. Instituto Nacional de Ciencia e Tecnologia em Medicina Assistida por Computacao Científica. Institutos Nacionais de Ciencia e Tecnologia. Período: 2008-2016. Integrante: P.J. Sánchez. Coordinador Raúl Antonino Feijóo.
- Proyecto PIP 2013-2015 CONICET. Título: "Desarrollo e Implementación Computacional de Formulaciones Multiescala para Materiales heterogéneos. Aplicaciones al Modelado de Falla Material y Diseño de Micro-Estructura". Director: P.J. Sánchez. Co-director: A.E. Huespe. Integrante: S. Toro. En ejecución.
- Proyecto SAT-UNL-603733. Título: "Desarrollo de métodos computacionales para el análisis multiescala de materiales". Universidad Nacional del Litoral. Contratante: CIMNE, Univ. Politécnica de Catalunya, 2013-2014. Integrante: P.J. Sánchez, S. Toro.
- Proyecto PPCP N°004-2011. Programa de proyectos conjuntos de investigación del Mercosur (SPU/CAPES), creado por resolución SPU N°1625 de fecha 6 de octubre de 2011 y resolución SPU N°1216 de fecha 12 de agosto de 2012. Integrantes: P.J. Sánchez. Responsables del proyecto: Dr. F.P. Duda (UFRJ) y Dr. A.E. Huespe (CIMEC-UNL-CONICET).
- Exposiciones orales en Conferencias/Seminarios/Congresos.
 - Kler, P. A. and Huhn, C. Non-aqueous electrolytes for isotachopheresis of weak bases and its application to the comprehensive preconcentration of the 20 proteinogenic amino acids in column-coupling ITP/CE-MS. In: 25 Doktoranden Seminar AK Separation Science. GDCh. 2015.
 - S.Toro, P.J. Sánchez, P.J. Blanco, A. Huespe, R.A. Feijóo. "New developments in multiscale formulations for material failure" (extended abstract). European Mechanics Society, Colloquium 559: Multi-scale computational methods for bridging scales in materials and structures, 23-25 February 2015, Eindhoven, The Netherlands.
 - E.A. de Souza Neto, P.J. Blanco, R.A. Feijóo, P.J. Sánchez, S. Toro, A.E. Huespe. "The Method of Multiscale Virtual Power: a recipe for the development of RVE-based multiscale models". Plenary lecture in Complas XIII, 1-3 September, 2015.
- L. Battaglia y P. Kler colaboraron como evaluadores en la JIT 2015, Jornada de Jóvenes Investigadores Tecnológicos, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.
- Pablo Kler actuó como revisor/evaluador de Mufa 2015.

- Estadía de Investigación de P.J. Sánchez en el Laboratorio Nacional de Computación Científica (LNCC), Petrópolis, Río de Janeiro, Brasil. Período: 23 de Agosto - 05 de Septiembre, 2015. Trabajo en conjunto con el Prof. Raúl Feijóo, el Dr. Pablo Blanco y el Prof. E.A. de Souza Neto. Tema de investigación: Modelos multiescalas de alto orden.
- Estadía de Investigación de P.J. Sánchez y de S. Toro en la Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil. Período: 07 de Diciembre – 17 de Diciembre, 2015. Trabajo en conjunto con el Prof. F. Duda. Tema de investigación: Modelos multiescalas para problemas de transferencia de calor transitorios con términos fuente, fundamentos termodinámicos.
- P. Sánchez, L. Battaglia, F. Cavalieri, P. Kler y S. Márquez Damián participaron como revisores de trabajos en la Serie de publicaciones de Mecánica Computacional, editado por AMCA, como también en diversas revistas internacionales de la especialidad.
- Durante los primeros meses del año 2015, Santiago Márquez Damián finalizó su beca post-doctoral de Conicet-FAPESP, llevada a cabo entre CIMEC y el ICMC-USP (Universidad de San Pablo). Tema de trabajo: "Estudio computacional y experimental del proceso de separación de petróleo crudo y agua". Director: Dr. Gustavo Buscaglia. Co-director: Dr. N. Nigro.
- Durante 2015, Santiago Márquez Damián actuó como co-director de dos tesis doctorales realizadas en ámbito del CIMEC-FICH-CONICET. Tesista: César Venier. Tesista: Horacio Aguerre.
- Actividades de difusión:
 - o P. Kler. "Laboratorios en un chip: la miniaturización en el manejo de fluidos". Publicado en el diario El Litoral, de la ciudad de Santa Fe, en la edición impresa del día 8 de octubre de 2015.
 - o P. Kler, S. Márquez Damián. "Simulación Computacional en la Alta Competencia". Charla desarrollada en el marco de la semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, 22 y 24 de Junio de 2015. Lugar: Centro de investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Santa Fe, Argentina.
 - o P. Kler. "El Método Científico". Charla desarrollada en el marco de la semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, 23 de Junio de 2015. Lugar: Centro de Capacitación CCT CONICET Santa Fe, Santa Fe, Argentina.
 - o F. Cavalieri. "Numerical solution of contact problems based on a mortar algorithm with an augmented Lagrangian technique". Predio CONICET, Dr. Alberto Cassano, 30 de octubre de 2015. Seminario del Instituto de Matemática Aplicada del Litoral (IMAL) Carlos Segovia Fernandez.

III - ACTIVIDADES EN DOCENCIA

Consignar todas las actividades de grado y posgrado llevadas a cabo por los integrantes del Grupo o Centro UTN que contribuyan a la formación de recursos humanos, cursos de grado y posgrado, cursos de actualización a docentes, transferencia a las cátedras del producido por las tareas de investigación y Desarrollo e integración del alumnado a través de becas, pasantías, jornadas y seminarios.

Carrera Grado Nivel		Asignatura	Docente
Ing. Civil	5	Método de elementos finitos aplicado al análisis estructural.	P.J. Sánchez, L. Battaglia.
Ing. Mecánica	5	Teoría y aplicaciones del método de elementos finitos.	P.J. Sánchez, L. Battaglia.
Ing. Civil	4	Geotécnia.	M. Pardini, P.J. Sánchez.
Ing. Civil	4	Análisis Estructural I.	L. Battaglia.
Ing. Civil	3	Resistencia de Materiales.	N. Román.
Ing. Civil	4	Elasticidad y Plasticidad.	N. Román.
Ing. Civil	5	Análisis Estructural II.	V. Sonzogni, G. Balbastro.
Ing. Civil	5	Cimentaciones.	D. Turello.
Ing. Mecánica	3	Cálculo Avanzado	F. Cavalieri, S. Márquez Damián.
Ing. Sistemas de Información	3	Matemática Superior.	P. Kler.

Carrera Postgrado		Asignatura	Docente
Doctorado en Ingeniería FICH-UNL.		Cálculo científico con computadoras paralelas.	V. Sonzogni.
Doctorado en Ingeniería FICH-UNL.		Modelos constitutivos para materiales disipativos	P.J. Sánchez (docente colaborador)
Doctorado en Ingeniería FICH-UNL.		Elementos finitos	S. Toro (docente colaborador)
Especialización en Patologías y Terapéuticas de		Tecnologías Aplicadas II	V. Sonzogni, L. Battaglia.

la Construcción.		
Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción.	Patologías de la Estructuras I – E6 (Módulo Patología de las Fundaciones)	P.J. Sánchez.
Doctorado en Ingeniería FICH-UNL.	CFD	S. Márquez Damián

IV - VINCULACIÓN CON EL MEDIO SOCIO PRODUCTIVO

10. TRANSFERENCIA AL MEDIO SOCIO PRODUCTIVO

10.1.- Contrato de Transferencia de Tecnología. Breve descripción del compromiso asumido. Partes intervinientes, Duración y Resultados obtenidos, en caso que los hubiera.

10.2.- Contrato de Investigación y Desarrollo. Breve descripción del compromiso asumido. Partes intervinientes, Duración y Resultados obtenidos, en caso que los hubiera.

- Los Drs P.J. Sánchez y S. Toro participaron como investigadores integrantes de un contrato de Investigación y Desarrollo entre la UNL y el CIMNE (Centro de Investigación en Métodos Numéricos en Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España). Proyecto UNL-SAT 603733. Título: "Desarrollo de métodos computacionales para el análisis multiescala de materiales". Inicio 2013. Duración 18 meses (con posibilidad de prórroga).

10.3.- Contrato de Transferencia de Conocimientos. Breve descripción del compromiso asumido. Partes intervinientes, Duración y Resultados obtenidos, en caso que los hubiera.-

10.4.- Contrato de Asistencia Técnica o Consultoría. Breve descripción del compromiso asumido. Partes intervinientes, Duración y Resultados obtenidos, en caso que los hubiera.

10.5.- Servicios Técnicos y/o Ensayos de Laboratorio. Breve descripción de las tareas realizadas

- Cálculo/verificación de estructuras de muelles, proyecto de remodelación del Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina. Se han elaborado modelos de elementos finitos para evaluar la respuesta estructural de diferentes sitios que componen las estructuras de muelles del Puerto Deseado. A partir de estos modelos se determinan tensiones y deformaciones críticas en elementos estructurales de acuerdo a diversos escenarios de cargas, como ser: peso propio, acciones de amarres de los barcos de ultramar, acciones de los barcos sobre los escudos de protección, etc. Las tipologías estructurales a modelar son diversas, dado que la construcción del puerto se ha realizado en forma secuencial durante varias décadas. También se realiza un estudio sobre la incidencia de colocación de escudos en zonas actualmente desprotegidas de los muelles. Esta tarea forma parte de un conjunto de actividades más abarcativas, en la que se encuentra vinculado además el CECOVI. Convenio en trámite.

V - INFORME SOBRE RENDICIÓN GENERAL DE CUENTAS

11.- RESUMEN DE INGRESOS Y EGRESOS

Discriminar, en los formularios tipo que se acompañan, las fuentes de financiamiento y montos totales recibidos de la UTN, producidos propios y subsidios externos provenientes de fundaciones, Instituciones o por cualquier otro concepto.

Indicar los ingresos y egresos detallado por rubros (erogaciones corrientes y de capital) según fuente de financiamiento (UTN, ANPCyT, CONICET, producidos propios, otros)

CUENTA DE INGRESOS	PARCIAL	TOTAL
1. FUENTE DE FINANCIAMIENTO		\$588,366.16
1.1. CRÉDITO UTN		\$508,809.16
1.1.1. Personal (incluir becas, docentes, contratos)	\$ 437,801.61	
1.1.2. Bienes de Consumo	\$ 4,487.55	
1.1.3. Servicios No Personales	\$	
1.1.4. Bienes de Uso	\$	
1.1.5. Transferencias Becas alumnos	\$ 66,520.00	
2.1. OTROS PROYECTOS (ANCYPT, SECTEI, CONICET, OTROS) (indicar en cada uno de los proyectos)		
2.1.1. Personal (otro no declarado antes)	\$	
2.1.2. Bienes de Consumo	\$	
2.1.3. Servicios No Personales	\$	
2.1.4. Bienes de Uso	\$	
2.1.5. Transferencias	\$	
3.1.RECURSOS ESPECÍFICOS PID UTN ASUTIFE0003567TC (Dir.: P. Sánchez)		\$ 73,915.00
3.1.1. Personal (otro no declarado antes) Becas CONICET	\$ 62,400.00	
3.1.2. Bienes de Consumo	\$	
3.1.3. Servicios No Personales	\$ 11,515.00	
3.1.4. Bienes de Uso	\$	
3.1.5. Transferencias	\$	
3.1.RECURSOS ESPECÍFICOS PID UTN 25/0150 (Dir.: P. Sánchez)		\$ 4,808.00
3.1.1. Personal (otro no declarado antes)	\$	
3.1.2. Bienes de Consumo	\$	
3.1.3. Servicios No Personales	\$ 4,808.00	
3.1.4. Bienes de Uso	\$	
3.1.5. Transferencias	\$	
3.1.RECURSOS ESPECÍFICOS PID UTN ECUTNFE0003526 (Dir.: L. Battaglia)		\$ 527.00
3.1.1. Personal (otro no declarado antes)	\$	
3.1.2. Bienes de Consumo	\$	
3.1.3. Servicios No Personales	\$ 527.00	
3.1.4. Bienes de Uso	\$	
3.1.5. Transferencias	\$	
3.1.RECURSOS ESPECÍFICOS PID UTN AMUTNFE0003527 (Dir.: F. Cavalieri)		\$ 307.00
3.1.1. Personal (otro no declarado antes)	\$	
3.1.2. Bienes de Consumo	\$	
3.1.3. Servicios No Personales	\$ 307.00	
3.1.4. Bienes de Uso	\$	
3.1.5. Transferencias	\$	

CUENTA DE EGRESOS	PARCIAL	TOTAL
1. EROGACIONES		\$ 588,366.16
1.1. CRÉDITO UTN		\$ 504,321.61
1.1.1. Personal (incluirl becas, docentes, contratos)	\$ 437,801.61	
1.1.2. Bienes de Consumo		
1.1.3. Servicios No Personales		
1.1.4. Bienes de Uso		
1.1.5. Transferencias		\$ 66,520.00
1.1.5.1. Becas de investigación (3 Alumnos)	\$ 48,600.00	
1.1.5.2. Becas de investigación (Graduados)		
1.1.5.3. Incentivos		
1.1.5.4. Otras: beca servicio (1 alumno, 2 módulos)	\$ 17,920.00	
1.2. RECURSOS ESPECÍFICOS - GIMNI (UTN)		\$ 4,487.55
1.2.1. Producidos Propios		\$ 4,487.55
1.2.1.1. Bienes de Consumo	\$ 4,487.55	
1.2.1.2. Servicios No Personales		
1.2.1.3. Bienes de Uso		
1.2.1.4. Transferencias		
1.2.1.4.1. Becas de investigación (Alumnos)		
1.2.1.4.2. Becas de investigación (Graduados)		
1.2.1.4.3. Incentivos		
1.2.1.4.4. Otras		
1.2.2. SUBSIDIO PID UTN ASUTIFE0003567TC (Dir.: P. Sánchez)		\$ 73,915.00
1.2.2.1. Bienes de Consumo		
1.2.2.2. Servicios No Personales - pasajes y viáticos	\$ 11,515.00	
1.2.2.3. Bienes de Uso		
1.2.2.4. Transferencias		\$ 62,400.00
1.2.2.4.1. Becas de investigación (Alumnos)		
1.2.2.4.2. Becas de investigación (Graduados) propor. becas CONICET	\$ 62,400.00	
1.2.2.4.3. Incentivos		
1.2.2.4.4. Otras		
1.2.2. SUBSIDIO PID UTN 25/0150 (Dir.: P. Sánchez)		\$ 4,808.00
1.2.2.1. Bienes de Consumo		
1.2.2.2. Servicios No Personales - pasajes y viáticos	\$ 4,808.00	
1.2.2.3. Bienes de Uso		
1.2.2.4. Transferencias		
1.2.2.4.1. Becas de investigación (Alumnos)		
1.2.2.4.2. Becas de investigación (Graduados)		
1.2.2.4.3. Incentivos		
1.2.2.4.4. Otras		
1.2.2. SUBSIDIO PID UTN ECUTNFE0003526 (Dir.: L. Battaglia)		\$ 527.00
1.2.2.1. Bienes de Consumo		
1.2.2.2. Servicios No Personales - cobertura de seguro	\$ 527.00	
1.2.2.3. Bienes de Uso		
1.2.2.4. Transferencias		
1.2.2.4.1. Becas de investigación (Alumnos)		
1.2.2.4.2. Becas de investigación (Graduados)		
1.2.2.4.3. Incentivos		
1.2.2.4.4. Otras		
1.2.2. SUBSIDIO PID UTN AMUTNFE0003527 (Dir.: F. Cavalieri)		\$ 307.00
1.2.2.1. Bienes de Consumo		
1.2.2.2. Servicios No Personales - cobertura de seguro	\$ 307.00	
1.2.2.3. Bienes de Uso		
1.2.2.4. Transferencias		
1.2.2.4.1. Becas de investigación (Alumnos)		
1.2.2.4.2. Becas de investigación (Graduados)		
1.2.2.4.3. Incentivos		
1.2.2.4.4. Otras		

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Los Centros y Grupos UTN informarán sobre el programa de actividades a realizar en el año inmediato siguiente actualizando los temas de investigación y desarrollo así como la planificación anual.

Se prevé continuar con la ejecución de los tres proyectos vigentes, a saber:

- PID-UTN-3567: "Modelado de materiales heterogéneos mediante formulaciones multiescalas".
- PID-UTN-3526: "Mecánica de fluidos computacional con aplicaciones en flujo con superficie libre".
- PID-UTN-3527: "Estudio de desgaste en componentes mecánicos a través de técnicas de modelado multi-escala".

En cuanto a difusión y publicación de resultados, se espera participar de las siguientes reuniones y congresos:

- ENIEF-2016: Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, Córdoba, Argentina, noviembre 2016.
- CAMSIG-2016: XXIII Congreso de Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Santa Fe, Argentina, noviembre 2016. En este caso se prevé no sólo presentar trabajos de investigación sino participar activamente en la organización del mismo.
- JIT 2016: Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos 2016.

En lo referente a difusión de resultados en el ámbito internacional, se espera lograr aportes originales en algunas de las revistas listadas a continuación:

- International Journal of Plascity.
- Mechanics of Materials.
- International Journal for Numerical Methods in Engineering.
- International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering.
- Computational Mechanics.
- Computers and Structures.
- International Journal of Solids and Structures.
- International Journal for Numerical Methods in Fluids.

Continuarán las actividades de docencia en las siguientes cátedras de grado:

- Método de elementos finitos aplicado al análisis estructural.
- Teoría y aplicaciones del método de elementos finitos.
- Análisis Estructural.
- Análisis Estructural II.
- Geotecnia.
- Resistencia de Materiales.
- Cálculo Avanzado.
- Matemática Superior.
- Cimentaciones.
- Elasticidad y Plasticidad.
- Hidráulica General y Aplicada.

Se prevé la participación de integrantes del GIMNI en el dictado de cursos de posgrado y dirección de Trabajos Finales Integradores en la Especialización en Patologías y Terapéuticas de la Construcción en la UTN-FRSF, aprobada por Ord. 1393 del Consejo Superior Universitario.

Se espera continuar con las interacciones y colaboraciones con grupos de investigación nacionales e internacionales.

Se continuarán las actividades de asesoría/transferencia iniciadas en 2015, en relación al cálculo de estructuras de muelles en el Puerto Deseado. Así mismo, se evaluarán nuevas actividades de transferencia que sean solicitadas al grupo durante el año 2016.