

CONTRIBUCIONES TEMPRANAS DE CARLOS A. PRATO AL DESARROLLO DE LA MECÁNICA APLICADA Y COMPUTACIONAL EN ARGENTINA

Luis A. Godoy

*CONICET y Departamento de Estructuras, FCEfyN, Universidad Nacional de Córdoba, 5000
Córdoba, Argentina, lgodoy@com.uncor.edu*

Palabras Clave: Cáscaras, Elementos Finitos, Inestabilidad.

Resumen. En este trabajo se revisan las contribuciones tempranas de investigaciones llevadas a cabo por Carlos A. Prato, referidas a la inestabilidad de cáscaras y al desarrollo de nuevos elementos finitos basados en formulaciones no convencionales. Se hace referencia a las contribuciones en esas disciplinas en las décadas de 1960 y 1970 que hicieron otros investigadores en Argentina. Se considera el impacto posterior sobre la formación de una escuela de mecánica aplicada en Córdoba, y su contribución a difundir los métodos numéricos en el país.

1 INTRODUCCION

1.1 Comentarios personales introductorios

Conocí a Carlos A. Prato cuando asistí a una de sus conferencias en la FCEFyN en 1972. En esa época era estudiante de Ingeniería Civil, cursando la materia Estabilidad de las Construcciones II, y corrían rumores que Prato podía llegar a ser profesor titular de la materia. Esto me generó sentimientos encontrados: (a) el nivel del curso iba a subir notablemente; (b) el grado de dificultad también iba a subir proporcionalmente. Mi siguiente encuentro fue en 1974, cuando se preparaba la visita del Prof. Kemp, y allí solicité a Prato autorización para tomar el curso como estudiante de ingeniería. A raíz de esa participación pude conseguir una invitación de Kemp para estudiar en Londres, con el apoyo de Prato. Al año siguiente trabajé como ayudante de la cátedra de Estabilidad II para Ingeniería Mecánica y fui asistente en dos de sus cursos, Análisis Matricial de Estructuras y Elementos Finitos.

La influencia que Prato tuvo en mi carrera fue decisiva. Yo no fui su primer discípulo, pero creo que fui el primero que siguió sus pasos de manera metódica y bajo su mirada a la distancia.

Mi agradecimiento a su apoyo no puede expresarse en palabras, pero aquí siguen algunos comentarios que intentan reflejar mi reconocimiento a su trayectoria, concentrándose en las etapas tempranas.



Figura 1: Carlos A. Prato en su oficina en la Universidad Nacional de Córdoba.

1.2 La motivación de este Simposio

Carlos A. Prato (CAP) cumplirá 63 años durante el 2007. Aprovechando esta ocasión, hemos organizado un Simposio en Córdoba, Argentina, como parte del Congreso ENIEF, del 2 al 5 de Octubre de 2007. El propósito de organizar este evento es expresar nuestro reconocimiento por los logros de CAP durante su carrera académica, y nuestro agradecimiento por su contribución al desarrollo académico y profesional de quienes trabajamos con él durante los últimos 35 años. El simposio forma parte del congreso ENIEF 2007 y está organizado en sesiones especiales agrupadas por temas.

1.3 Objetivo de este trabajo

En este trabajo solamente intentamos recapitular la trayectoria de Prato hasta mediados de la década de los 70. La historia posterior es más conocida por muchos de los participantes en este simposio.

Las etapas de formación de un investigador son quizás las menos conocidas, pero tienen una fuerte influencia en su desarrollo posterior y en el impacto que causa en el medio. Allí interesa indagar acerca del contexto en el cual se desarrollaron las investigaciones tempranas, qué estudios llevaban a cabo otros investigadores en Argentina en la época, quiénes eran los referentes en la disciplina de interés.

2 LOS REFERENTES EN MECANICA APLICADA EN LA DECADA DE 1960

La disciplina de Mecánica Aplicada no se había desarrollado demasiado en Argentina hacia la década de los 60s. Los profesores más destacados en el país fueron Arturo Guzmán (UN Tucumán y posteriormente UN La Plata), Luis M. Machado (INTI), profesor adjunto de Guzmán, Néstor Distéfano (UN Rosario) quien estimuló la formación de jóvenes investigadores en Rosario (como Guillermo Creuss, Carlos Brebbia, Marcelo Rubinstein) pero dejó el país en 1966 y se estableció en Los Angeles, Estados Unidos; Oreste Moretto (UN La Plata), Mario Gradowzick (UBA) quien publicó en editorial Eudeba un libro influyente sobre análisis matricial de estructuras en 1966, sobre la base de un manuscrito de 1963; Agustín Ferrante (UBA). Guzmán nunca publicó un artículo científico durante su carrera, pero sin embargo uno de sus informes aparece citado en un libro de Timoshenko. Prato no conoció a ninguno de estos referentes sino hasta su regreso a Argentina después de completar su doctorado.

Las disciplinas de ingeniería en Córdoba no tenía tradiciones fuertes de estimular estudios en el extranjero; los escasos referentes eran Nicolás Bello y Arcadio Niell, quienes habían llevado a cabo estudios de maestría en matemáticas en Massachusetts Institute of Technology (MIT); Eduardo Abril obtuvo Maestría en materiales también en MIT, pero ninguno de ellos arraigado en temas de Ingeniería o Mecánica Aplicada. En el área de estructuras, Carlos A. Felippa había emigrado y completado una tesis doctoral en la Universidad de California en Berkeley en 1966, pero nunca regresó a Argentina de modo que su trabajo tan importante tuvo escasa repercusión local.

Prato se graduó en Ingeniería Civil en la UN Córdoba en marzo de 1964, con solo 18 años de edad, recibiendo el Premio Universidad con Medalla de Oro. La última materia que aprobó fue la entonces llamada Estabilidad de las Construcciones III con el Ing. Juan Carlos Larsson el 23 de noviembre de 1963 (CAP recuerda: un día antes del asesinato de J. F. Kennedy). Precisamente Larsson fue una de las influencias importantes para CAP; en sus propias palabras, era uno de los pocos profesores que mostraba una versión formalizada de los contenidos, escribiendo ecuaciones en derivadas parciales.

De sus compañeros de estudios universitarios, solamente Juan Dellavedoba regresó tiempo después a ejercer la docencia universitaria, mientras que Zorzi se destacó en la construcción de edificios en altura.

Dentro de este panorama, no resulta fácil comprender los estímulos que existían en 1964 para llevar a cabo estudios de maestría y doctorado en universidades del extranjero. En el caso de Prato, ese estímulo se inició con su interés por el idioma inglés, estudiando en IICANA. En septiembre de 1963 tomó el examen TOEFL para un concurso de becas Fullbright, y gracias a una beca Ford pudo elegir una universidad en Estados Unidos; de ellas eligió MIT.

3 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE CASCARAS EN VOLADIZO

En 1964 inició estudios de Maestría en Ingeniería Civil en MIT. El área elegida por Prato para su tesis de Maestría fue la de inestabilidad de cáscaras en el contexto de Ingeniería Civil, y su director de tesis fue Peter J. Pahl, entonces profesor asistente.

La referencia más relevante en esta temática era la de Brazier de 1927, quien estudió el cambio de sección transversal durante el pandeo de un cilindro completo, mientras que el primero en extender esos estudios a cilindros rebajados en voladizo parece haber sido Odone Belluzzi en 1933. El propósito de todos estos estudios era de limitar la tensión en el coronamiento de la cáscara.

Para abordar el tema, se formuló un plan de ensayos de modelos de láminas cilíndricas elásticas, con configuraciones típicas de láminas autoportantes para techos. Allí estudió la influencia de las condiciones de borde y la geometría sobre las cargas críticas. Como consecuencia del estudio de numerosos casos, se obtuvieron diferentes modos de pandeo; uno de ellos era el aplastamiento global de la sección, conocido como “efecto Brazier”. CAP concentró su estudio en este modo, por ser más crítico que los clásicos en el diseño de cubiertas de techo rebajadas.

La tensión crítica de pandeo resultó en la forma (Prato 1965):

$$\sigma_c = 0.0918 E t / R \quad \text{para } \nu = 0.3 \quad (1)$$

La tesis se completó en junio de 1965 con el título “An experimental buckling study of cylindrical shell” (Prato, 1965).

En 1969, Meck publicó un artículo sobre la inestabilidad de una viga de pared delgada con sección transversal de forma de un ángulo, sometida a un momento flector. Meck usó una solución analítica y logró demostrar que el fenómeno podía ocurrir en dos modos diferentes, por deformación de la sección transversal (lo cual cambia su momento de inercia y la debilita) o por deformación torsional de la sección conservando la geometría original de sección ángulo. Prato (1970a) contribuyó al tema a base de sus estudios de maestría, haciendo notar que el fenómeno ocurre también en una viga de sección transversal con forma de cilindro abierto rebajado (en lugar de la sección angular tratada por Meck). También hizo notar que el antecedente importante era el efecto Brazier, que estudiaba el aplanamiento de la sección transversal y que no había sido tomado en cuenta por Meck. Finalmente, CAP mostró que, contrariamente a lo que postulaba Meck, existen casos en los que el momento crítico depende de las condiciones de borde específicas del problema.

Al finalizar su tesis de maestría, CAP visitó Córdoba y fue invitado por Vicente Sayús a dictar una conferencia sobre sus estudios recientes.

Con posterioridad, CAP fue contratado como asistente de investigación en el Laboratorio de Modelos Estructurales de MIT (con el apoyo del Departamento de Estado) para extender los estudios de pandeo. Durante ese tiempo, el Ing. Luis M. Machado (Profesor de UBA y de UNS) fue profesor visitante en MIT y contribuyó a la investigación.

El objetivo del estudio era explorar la inestabilidad de estructuras laminares de hormigón y sus diferencias con el comportamiento de estructuras similares de materiales elásticos. En esa época el énfasis de las investigaciones sobre pandeo de cáscaras estaba centrada en estructuras aeronáuticas, sobre lo cual NASA había publicado una compilación de trabajos en 1962. La extensión a problemas de techos de hormigón en Ingeniería Civil no parecía sencilla, debido a la presencia de fisuras y a la distribución de barras de acero. La investigación de Prato se concentró en cilindros rebajados de longitud considerable, en cuyo caso las tensiones longitudinales resultan importantes.

Se ensayaron cuatro cáscaras de geometría similar, dos construidas con microconcreto reforzado, una de Plexiglas y una de PVC, apoyadas en sus extremos y con vigas de borde laterales, bajo pesos colgantes de la superficie. Para comparación, CAP desarrolló un programa de análisis no lineal (en lenguaje FORTRAN para una computadora IBM 360) usando un modelo que combinaba los efectos de viga y de arco, que permitía seguir la deformación de la sección transversal.

Los resultados de esta investigación fueron presentados en la conferencia IASS de México (Little et al. 1967). La Figura 2 muestra la caída de rigidez debido a la fisuración en cáscaras de microconcreto reforzado, que hace que no sea adecuado usar un modelo elástico para cáscaras de hormigón.

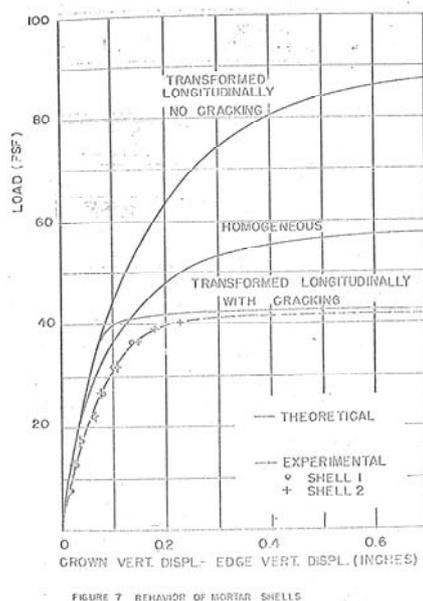


Figura 2: Diferencias entre el comportamiento de cáscaras elásticas y de mortero reforzado (Little et al. 1967).

Estos resultados confirmaron algunas conclusiones de los resultados elásticos, en el sentido que se produce el pandeo generalizado de la cubierta antes de desarrollar su resistencia última teórica (sin incluir efectos de segundo orden) y por lo tanto pone en evidencia la necesidad de incluir este criterio de estabilidad en las recomendaciones de diseño de láminas cilíndricas rebajadas para cubiertas.

El tema de inestabilidad de estructuras de pared delgada sería un tema recurrente en la vida académica de CAP, volviendo a tratarlo en Prato (1971, 1976), Godoy y Prato (1984).

4 INCURSION EN EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS

Para sus estudios doctorales en MIT, CAP se decidió por el desarrollo de nuevos elementos finitos, un área emergente en ese momento. Basta recordar que la primera vez que se mencionó el nombre de elementos finitos fue en un trabajo de Ray Clough de 1960. La tesis fue dirigida por Z. Elias, se inició en septiembre de 1966 y se defendió en mayo de 1968 (Prato 1968).

Inicialmente se planteó la analogía existente entre las ecuaciones de placa plana en flexión con las de un estado plano, lo que llevó al uso de elementos finitos para resolver placas en flexión mediante un método de las fuerzas. La aproximación obtenida con estos resultados fue aceptable y se llegaba a expresiones sencillas de las matrices resultantes; sin embargo, existía

la limitación de que solo unas pocas condiciones de contorno podían representarse por este medio y el modelo no podía representar condiciones de contorno de desplazamientos. El paso siguiente fue tratar con métodos mixtos, con el objetivo de mantener la sencillez de las expresiones pero subsanando las dificultades de la formulación de fuerzas. Esto no fue tarea sencilla: tuvo que formular una versión modificada del teorema variacional para tensiones y desplazamientos, conocido como teorema o principio de Reissner. Esta formulación se adaptó al análisis lineal y geoméricamente no lineal de láminas elásticas curvas con elementos finitos.

En un momento en que el método de elementos finitos aún no estaba claramente establecido, la tesis resultó altamente innovadora:

- Al desarrollar elementos de placas y cáscaras rebajadas, que eran tipos estructurales prácticamente inexplorados bajo la óptica del método. Los análisis de Herrman sobre elementos finitos para modelar la flexión de placas eran muy recientes (de 1965).
- Usando un principio energético de Reissner (otra novedad). El trabajo de Reissner aplicando su principio a placas era también muy reciente (de 1962).
- Esta investigación generó uno de los primeros elementos finitos de tipo mixtos. La geometría de los elementos desarrollados fue triángulos o cuadriláteros con funciones lineales. En forma paralela al desarrollo de la tesis de Prato, otros estudiantes de MIT trabajaban en modelos basados en desplazamientos para cáscaras.

Para comprender la importancia de los métodos mixtos es necesario considerar la competencia en ese momento, que eran elementos basados en desplazamientos con interpolaciones de Hermite, o sea que requerían de interpolaciones que incluyeran derivadas de orden superior en desplazamientos transversales. Como variables mixtas, CAP usó desplazamientos y momentos a partir de la teoría de cáscaras rebajadas de Marguerre, con lo que se llega a ecuaciones más sencillas que por la vía de desplazamientos.

Una síntesis del trabajo doctoral fue publicada en Prato (1969a), un artículo que tuvo mucha repercusión. El director de tesis, Elias, ya había dejado MIT para esa época y no fue posible contactarlo a fin de escribir en co-autoría, de modo que el artículo fue publicado con un solo autor. El trabajo apareció referenciado en los textos clásicos de elementos finitos de O.C. Zienkiewicz.

5 LOS INICIOS DE SU CARRERA ACADEMICA

Con posterioridad a la finalización de su doctorado, Prato trabajó como investigador asociado de MIT (entre noviembre de 1968 y noviembre de 1969) y como ingeniero senior en la empresa Simpson Gumpertz & Heder, de Cambridge, MA (entre junio de 1968 y noviembre de 1969).

Regresando a Argentina en 1970, fue designado profesor en la escuela graduada en ingeniería estructural en la Universidad Nacional de Córdoba, como se menciona más adelante. Fue admitido como miembro de carrera del Investigador de CONICET en febrero de 1971; sin embargo no ejerció el cargo por haber sido designado Profesor Adjunto de Dedicación Exclusiva en la Universidad Nacional de Córdoba. En abril de 1974 comenzó como profesor titular de la cátedra de Estabilidad de las Construcciones II para Ingeniería Mecánica, lo que significó un fuerte cambio de orientación en ese curso. En posiciones administrativas, llegó a director del Departamento de Estructuras (entre junio de 1973 y agosto de 1976) y del Departamento de Egresados de la FCEFyN. Para 1986 fue designado Decano de la Facultad.

En el contexto sudamericano, Brasil era el país más avanzado en cuanto a estudios graduados en ingeniería y Prato se involucró en varias oportunidades en actividades en Brasil.

Durante enero y febrero de 1971, fue profesor visitante de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, donde dictó un curso de elementos finitos para graduados y posteriormente ese mismo año participó en las Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural de Porto Alegre. En mayo de 1972 visitó COPPE en la Universidad Federal de Río de Janeiro (donde funcionaba el mayor centro de investigaciones en ingeniería estructural de Sudamérica), dictando una conferencia sobre Optimización Estructural. En 1973 viajó nuevamente a Porto Alegre para participar en la Conferencia Regional Sudamericana de Edificios Altos (Prato 1973). En 1976 viajó a Salvador para las XVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural.

En 1972 viajó a Amsterdam (Holanda) para participar en el Congreso Mundial de IABSE (Asociación Internacional de Puentes y Estructuras), donde conoció a varios profesores de Inglaterra con los que mantendría relación académica por bastante tiempo. Durante el semestre de enero a mayo de 1975 fue profesor visitante de Tufts University, en Massachussets, Estados Unidos, donde impartió dos cursos.

En el ámbito profesional, comenzó como consultor independiente en 1971, trabajando en temas de estructuras de grandes luces y en estructuras aeronáuticas. En 1974 comenzó a realizar trabajos especiales para la firma Techint S.A., que lo llevó a participar en el diseño de la Central Nuclear de Embalse y posteriormente en la Central Nuclear de Atucha II.

6 CONTRIBUCIONES EN EL MARCO DE LA TEORIA DE ESTABILIDAD

6.1 Estudios tempranos de Prato en la Teoría General de Estabilidad Elástica

El trabajo de Prato (1970c) sobre estudios de inestabilidad usando el método de elementos finitos puede ser visto como una extensión de sus contribuciones sobre métodos mixtos, pero constituye un giro fuerte en su enfoque de estabilidad, porque ahora incorpora los descubrimientos de Koiter y sus seguidores conducentes a la formulación de una teoría general de estabilidad (para un detalle histórico de la teoría, ver Godoy 2003). Entendemos que este es el primer aporte que se llevó a cabo en Argentina en este marco de estabilidad.

La notación usada por CAP refleja los trabajos de Budiansky y Hutchinson, profesores de la Universidad de Harvard (vecina de MIT en Cambridge), más que la de Koiter mismo o la desarrollada en University College London para sistemas discretos.

Una de las novedades de esa teoría era el uso de técnicas de perturbación para investigar la estabilidad en el estado crítico, de modo de incluir el comportamiento poscrítico mediante un enfoque asintótico e incorporar la incidencia de imperfecciones geométricas o de cargas. El vacío en el conocimiento estaba en la conjunción de las teorías de estabilidad y de elementos finitos, que es el tema de esta monografía de 1970. Las ecuaciones de la formulación contenían los esquemas de perturbación de orden superior, pero los resultados numéricos se limitaron a las cargas y modos críticos de placas. Esta limitación provenía en gran medida de las restricciones computacionales, aunque los resultados fueran obtenidos en una computadora IBM 360 de MIT.

6.2 El Simposio RILEM de Buenos Aires en 1971

La mayoría de las investigaciones llevadas a cabo en Argentina se reportaban en la Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. A manera excepcional, se llevaron a cabo algunos simposios internacionales, que contribuyeron a promover determinadas actividades en el país.

Un buen indicador sobre lo que se había logrado en Argentina en el área de estabilidad

estructural durante finales de la década de 1960 es la realización de un Simposio de RILEM, celebrado en Buenos Aires del 13-18 septiembre de 1971 bajo el título “Análisis Experimental de Problemas de Estabilidad en Modelos de Escala Completa o Reducida”. Este simposio contó con la participación de investigadores destacados en el área, incluyendo a Egor Popov, Alistair Walker, John Roorda, Peter Glockner, Waclaw Olszak y Maria Esslinger, entre otros. El listado de participantes de la Universidad Nacional de Córdoba incluyó a Carlos A. Prato, Luis M. Alvarez, Juan C. Larsson y Alberto Scardiglia.

Hubo cinco trabajos presentados en el Simposio por autores argentinos:

- “Influence du flambement dans la resistente en compression des poteaux en beton arme”, por Luis J. Lima y Carlos L. Gonzalez, Universidad de La Plata.
- “On the effective dimensions of stiffeners for increasing the buckling strength of bearing walls”, por Luis M. Machado y Jorge J. Vega, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- “Experiments on stability of doubly curved shells under different states of stress”, por Roberto Cudmani, Universidad Nacional de Tucumán.
- “Creep buckling of concrete columns: Some theoretical and experimental results”, por Guillermo Creuss, Universidad Nacional de Rosario.
- “On some considerations on the behavior of mechanical cable systems from a dynamic stability viewpoint”, por Patricia A. A. Laura, Universidad Nacional del Sur.

7 ESFUERZOS PARA MEJORAR EL NIVEL ACADEMICO EN CORDOBA

7.1 Creación de la escuela graduada en estructuras

Una de las prioridades iniciales en la Universidad de Córdoba fue la creación de una escuela graduada en estructuras, que funcionó como parte del Departamento de Estructuras.

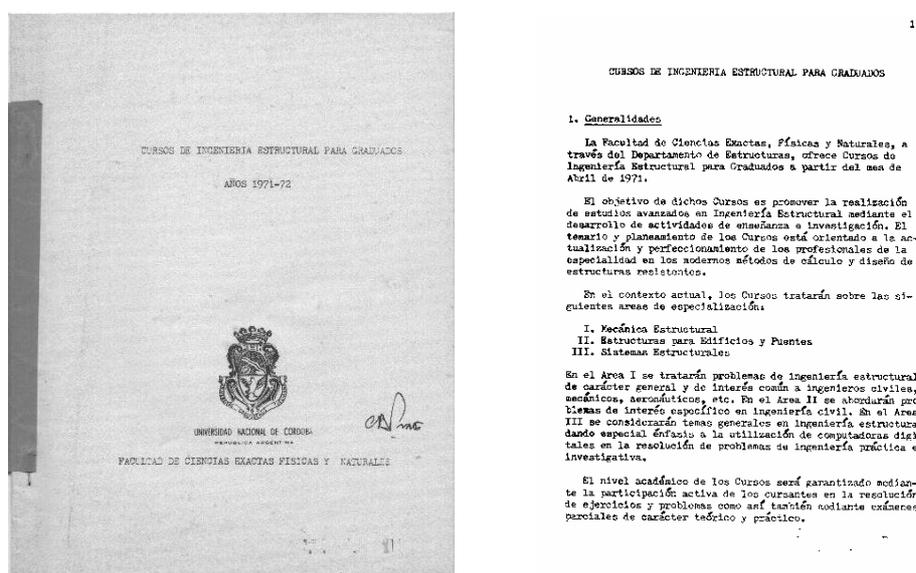


Figura 3: Carátula y primera página del folleto de la primera edición de cursos en Ingeniería Estructural para Graduados en Córdoba.

CAP preparó personalmente un folleto (Figura 3) que describía los cursos que se dictaron los dos primeros años (1971 y 1972).

Esta escuela funcionó a partir de Abril de 1971 en forma similar a una especialidad, con cursos en su mayoría dictados por Prato con la ayuda de algunos profesores (como Luis D. Decanini, Alfredo Schegg, Luis Facchin). Los cursos cuatrimestrales trataban sobre Mecánica Estructural, Estructuras para Edificios y Puentes, y Sistemas Estructurales.

Los cursos que dictó CAP fueron Análisis Estructural Avanzado I (Abril-Julio 1971), Estabilidad Estructural (con Schegg, Agosto-Noviembre 1971), Programación (Agosto-Noviembre 1971), Análisis Estructural Avanzado II (Abril-Julio 1972), Dinámica Estructural (Agosto-Noviembre 1972), Método de Elementos Finitos en Mecánica Estructural (Abril-Julio 1973), Análisis y Diseño de Estructuras Laminadas (Agosto-Noviembre 1973). ¡Este debe ser uno de los pocos casos en los que un profesor toma a su cargo el dictado casi completo de una carrera de posgrado!

Entre los participantes en el primer grupo se encontraban los Ings. Luis M. Alvarez, Hugo Cúneo-Simián, Etchegorri, Soria (quien no era docente) y los dos hermanos Salvi. Posteriormente se sumaron Carlos A. Bartó y Julio C. Massa. Buthet se incorporó en 1973. (Dice CAP: “¡Todo eso me parece que fueran historias de algún antepasado!”). Los cursos de especialidad siguieron dictándose por varios años.

En 1987 se creó la carrera de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, que fue la primera carrera en su tipo en Argentina. CAP fue el impulsor de esa carrera, como Decano de la Facultad.

7.2 Esfuerzos de divulgación del método de elementos finitos

A su regreso a Argentina, el entusiasmo de CAP por divulgar el Método de Elementos Finitos en Córdoba lo llevó a preparar trabajos como parte de su paso por la Universidad Tecnológica (Prato 1972) y Universidad Nacional de Córdoba (Prato 1973). Para entonces había pasado de los métodos mixtos a los de desplazamientos para estructuras más sencillas, en un contexto de capacidades computacionales muy reducidas. Pero su trabajo docente más conocido, y que más influencia tuvo sobre el grupo de sus estudiantes, fue el pequeño texto que usaba en sus cursos de elementos finitos (Prato 1970d).

En la UTN trabajó como Asesor Analista del Centro Regional de Cálculo. Su trabajo en el Centro de Cálculo de la Universidad Nacional de Córdoba se hizo en una computadora IBM 1130, con 8Kb de memoria directa. (A manera de comparación, la tarjeta de almacenamiento de fotos para cámara digital más pequeña que puede conseguirse en este momento es de 8 Mb).

7.3 Esfuerzos para lograr visitas de profesores extranjeros

En la Universidad Nacional de Córdoba había una falta notable de contactos con investigadores del exterior, especialmente de países de habla inglesa. La participación de CAP en la Cultura Británica lo acercó al British Council, y por esa vía se pudieron concretar varias visitas importantes y que tuvieron un impacto fuerte en el medio. Durante uno de sus viajes a conferencias en Europa, CAP había conocido a Croll y Kemp, con quienes se entablaría una relación duradera.

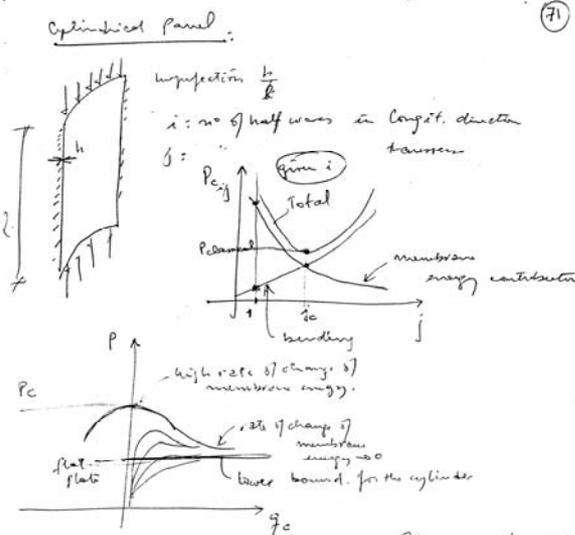


Figura 4. Notas de Carlos Prato sobre la metodología de límites inferiores, tomadas durante el curso de Croll de 1973.

- En 1973, James G. A. Croll, entonces Lecturer de University College London, dictó un curso sobre Estabilidad Estructural.
- En 1974, Kenneth O. Kemp, entonces Profesor y Director de Departamento de Ingeniería Civil de University College London, dictó un curso sobre Diseño de Placas por Métodos de Líneas de Rotura.
- En Agosto de 1980, Rodney Eatock-Taylor, entonces Reader en Ingeniería Mecánica de University College London, dictó un curso sobre Interacción Fluido-Estructura, con énfasis en estructuras costa afuera.

La vinculación con University College London dio otros frutos, como becas para que estudiaran Luis A. Godoy (1975-1979) con la dirección de Kemp y Croll, y posteriormente de Valentín Rodríguez, bajo la dirección de Eatock-Taylor.

8 REFLEXIONES FINALES

Para todos los que hemos tenido el privilegio de trabajar con el Prof. Carlos A. Prato en alguna etapa de nuestras carreras académicas o profesionales, sea como becario, doctorando o colega, no es necesario resaltar sus cualidades intelectuales, su generosidad para compartir desde conocimientos hasta recursos y su enorme dedicación a la tarea académica y profesional en el área de mecánica estructural. Nuestras horas de discusión sobre aspectos estructurales siempre quedaban plasmados en papeles pequeños o en la parte de atrás de algún sobre (ver Figura 5), de manera que ese pequeño papel tenía el potencial de convertirse en una contribución importante.

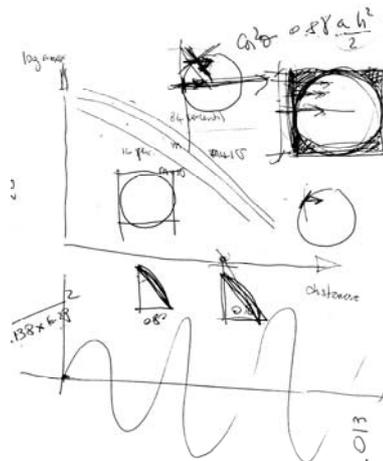


Figura 5. Ejemplo de la parte de atrás de un sobre usado por Carlos Prato para la discusión de algún tema.



Figura 6. Otra cualidad de Carlos A. Prato: su hospitalidad. En esta foto, en su casa de Carlos Paz.

Desde temprano en su carrera hasta el presente, Prato ha contribuido en la docencia de posgrado, la investigación, la supervisión de estudiantes graduados, la generación de nuevos cursos en ingeniería, la dirección de proyectos de investigación, el establecimiento de programas graduados, y también en la administración universitaria en la Universidad Nacional de Córdoba y en el sistema de ciencia y tecnología de Argentina. Su participación ha dejado huellas tanto a nivel provincial como nacional, participando además en la dirección de CONICOR, de programas nacionales de ingeniería y tecnología y en comisiones asesoras de CONICET.

Agradecimientos: Para este trabajo, el autor llevó a cabo varias entrevistas con Carlos A. Prato durante Junio y Julio de 2007.

REFERENCIAS

- L. A. Godoy, "Los programas de investigación científica surgidos a partir de la teoría de estabilidad estructural de Koiter", *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina*, vol. 55, 99-112, 2003.
- L. A. Godoy, C. A. Prato, "Buckling of thin-walled beams under water loading", *ASCE Journal of Structural Division*, vol. 110(11), 1984, pp. 2667-76.
- W.A. Litle, P.J. Pahl, C.A. Prato, P.H. Griggs, "A study of cylindrical shell buckling," *IASS Congress on the Application of Shell Structures in Architecture*. Mexico, September 1967.
- C.A. Prato, "An experimental buckling study of cylindrical shells", M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1965.
- C.A. Prato, "A mixed finite element method for thin shell analysis", Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1968.
- C.A. Prato, "Shell finite element method via Reissner's principle," *International Journal of Solid Structures*, vol. 5, 1119-1133, 1969 a.
- C.A. Prato, Comment on: "Exact solutions of certain problems by Finite Element Methods", *Journal of the American Institute of Aeronautics and Astronautics*, June 1969 b.
- C.A. Prato, "Comment on: Instability of an angle section beam under an applied bending moment," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 12, 293-295, 1970 a.
- C. A. Prato, "Maximization of eigenvalues by conjugate gradients", *ASCE Journal of the Structural Division*, January 1970 b.
- C.A. Prato, "Estado crítico y poscrítico de estructuras laminares por métodos numéricos", presentado en las *XIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*, Buenos Aires, 1970. Informe de Investigación DE-70-1, Departamento de Estructuras, FCEFyN, Universidad Nacional de Córdoba, 1970 c.
- C.A. Prato, "Introducción al Método de Elementos Finitos en Mecánica Estructural", Universidad Nacional de Córdoba, 1970 d.
- C.A. Prato, "Pandeo elástico generalizado de vigas de pared delgada en flexión simple", presentado en las *XV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*, Porto Alegre, 1971.
- C.A. Prato, "Sobre algunas características del método de elementos finitos en mecánica estructural", Informe de Investigación, Centro de Cálculo, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, 1972.
- C.A. Prato, "Wall-frame interaction by numerical integration", *ASCE Journal of the Structural Division*, July 1975.
- C.A. Prato, Comment on: "Buckling of axially loaded open shells", *ASCE Journal of the Engineering Mechanics Division*, December 1976.