
Ciencia y tecnología en México en el siglo XXI

BIOGRAFÍAS DE PERSONAJES ILUSTRES

Volumen IV

Secretaría de Educación Pública
Academia Mexicana de Ciencias
Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Coordinación editorial: Georgina Viesca López

PRIMERA EDICIÓN, 2005

D.R. © ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS
Km 23.5 Carretera Federal México-Cuernavaca
“Casa Tlalpan” Av. Cipreses s/n, San Andrés Totoltepec,
Tlalpan 14400 México, D.F.
Tels.: (55) 5849 4905, (55) 5849 5107
y (55) 5849 5109. Fax: (55) 5849 5112
correo electrónico: aic@servidor.unam.mx
página electrónica: <http://www.amc.unam.mx>

ISBN 968-7428-23-6

Impreso en México

JOAQUÍN REMOLINA LÓPEZ

Emilio Julio Muñoz Martínez

Cinvestav, IPN

Joaquín Remolina López nació en la ciudad de Toluca el 9 de mayo de 1927, vivió la mayor parte de su vida en la ciudad de México, en la que nos dejó el 12 de noviembre de 2001. Me pidieron que escribiese una semblanza de este mexicano ejemplar para ser publicada en la colección *Ciencia y tecnología en México en el siglo xx. Biografías de personajes ilustres*. Acepté gustoso pero la empiezo a escribir disculpándome con la memoria de Remolina. Tengo dos razones. Primero, dudo mucho que a Joaquín le hubiese satisfecho que lo tildasen de *personaje* y mucho menos de *ilustre*. “Sólo soy un profesor” le escuché decir más de una vez, y no era proclive a la falsa modestia. Segundo, esta semblanza resultará demasiado estrecha para dar cabida a una vida tan rica y generosa como la suya.

Médico de carrera, Joaquín Remolina López fue un notable y creativo ingeniero. Fue modesto en su trato con las personas aunque su obra es extraordinaria. En verdad fue un profesor pero más que eso fue un maestro. Más que alumnos tuvo discípulos. Joaquín Remolina ha dejado huella y algunos la siguen con fervor. Fue muy tenaz y fiel a sus pasiones, sobre todo a la más grande de ellas: el diseño y la producción de artificios electrónicos y mecánicos. Conjugaba bien la primera persona del plural. Diseñaba y construía instrumentos que le solicitaban investigadores, ya sea del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN) o de otras instituciones, y que son útiles para la

investigación, la enseñanza, la comunicación o la atención médica. Joaquín tenía muy claro que un país sin desarrollo científico y técnico no puede acceder a una verdadera independencia.

El apoyo que recibió Remolina fue magro. Dio mucho más de lo que recibió, y lo que recibió lo utilizó para dar más. Animado por un ímpetu de libertad era reacio a cualquier sujeción o disposición a la que no encontrase sentido, o que ofendiese su dignidad. Contrario a la obsecuencia y las ambigüedades, no despertaba simpatía entre la mayoría de los burócratas y de sus superiores jerárquicos. Desde luego no era un “ciudadano modelo”, vista la buena ciudadanía como obediencia ciega a los reglamentos, pero era cortés y respetuoso en extremo con toda persona. Burlaba como podía los trámites siempre engorrosos que parecen hechos para estimular la corrupción, la ineficiencia o ambas cosas. No le causaba problemas de conciencia el violar obtusos reglamentos de importación, y se convirtió en experto *fayuquero* para hacerse de componentes electrónicos que les eran indispensables a él y a sus discípulos. En una ocasión me enseñó, muy orondo, en la ciudad de Chihuahua, el contenido de su coche —*el Toribio*— repleto de componentes electrónicos que había adquirido en *el otro lado*. La compra la hizo con el dinero que habían ganado él y sus discípulos al hacerse acreedores al primer y segundo premio que se otorgaron en un concurso de instrumentos que había organizado la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, de la que Joaquín fue socio fundador. El Dr. Lorenzo Leija, uno de los discípulos y colaboradores de Remolina y después jefe de la sección que Joaquín fundó (véase más abajo), también refiere en un ensayo en homenaje a su maestro, que *el Maese* —así le llaman todavía sus discípulos— era un experimentado contrabandista, y circulaba la especie de que pasaba la frontera —de allá para acá— disfrazado de sacerdote, con lo cual la atravesaba fácilmente sin recurrir a la obligada “mordida”. Remolina nunca desmintió el bulo. Lo que es cierto es que tenía aspecto y maneras de muy devoto franciscano.

Padeció con frecuencia escasez de los recursos que le permitiesen continuar su tarea a cabalidad. Alguna vez, urgido por la necesidad, estableció compromisos que no pudo cumplir y que lo pusieron en aprietos legales a



él y al Cinvestav. De honradez acrisolada, este incidente lo apenó en extremo. Ciertamente, no era un dechado de virtudes como administrador. Al respecto cuenta Leija: “Ante los reclamos que le hacían sobre sus fallas en la administración manifestaba que ‘la administración es una actividad que no me complace, es un obstáculo que quita tiempo y ayuda poco. Sin embargo es necesaria y entiendo que alguien más dotado que yo tiene que hacer esta tarea’”.

Quizá reunió la animadversión de algunos ingenieros que no veían bien que un licenciado en Medicina y graduado como maestro en Fisiología fuese un adelantado en el planteamiento y la solución de problemas propios de la ingeniería.

Joaquín Remolina López tuvo pasiones diversas. Quizá su más grande pasión fue México. En una ocasión Leija le preguntó qué esperaba de sus alumnos y Remolina le respondió: “que sean sembradores de ideas nacionalistas y generadores de instrumentos novedosos”. Un factor común en todas sus actividades era que a todas les prestaba máxima atención. “Tengo el síndrome del mono lobotomizado” decía en son de broma: el síndrome se refiere al cambio automático de atención cuando al sujeto se le pone por delante un estímulo atractivo. En realidad su síndrome era otro. Era capaz de recorrer con atención máxima diferentes campos, pasar de uno a otro sin perder nada en el camino. Sin abandonar la enseñanza y la

investigación, practicó la aviación y el aeromodelismo, fue melómano y músico aficionado, montañista y experto en la transmisión por radio, aficionado al tiro al blanco y a modificar armas, y quién sabe a cuántas cosas más. Vivió todo con seriedad sin solemnidad, y con un disfrutable sentido del humor. Remolina fue el travieso más serio que yo haya conocido.

ENTORNO FAMILIAR Y PRIMEROS AÑOS

Los padres de Joaquín Remolina López nacieron en Laredo, en el Norte de España, en lo que hoy es Cantabria. Eran pues de rancia stirpe castellana. El padre, Miguel Remolina Fuentesilla, de origen modesto y escolaridad escasa pero provechoso autodidacta, como lo fue después su hijo Joaquín, salió de su casa, su pueblo, su país y su cultura a los doce años, solo, enviado a México para que viviese con un hermano suyo, mucho mayor que él, quien ya estaba instalado desde hacía varios años en nuestro país. Los abuelos de Joaquín buscaron librarlo de la estrechez económica y la ausencia de perspectivas. Dejó Miguel el terruño llevando a costas la nostalgia que sólo la esperanza expectante hace soportable. No hace *la América*, como entonces se decía, pero vive dignamente gracias a la fuerza de trabajo de la que hicieron gala muchos de aquellos *gachupines* como hoy lo hacen millones de *braceros* mexicanos, que en buena parte sostienen la economía de nuestro país. Pasados los años de adolescencia, Miguel sale adelante por sí mismo y vuelve a su natal Laredo por un corto periodo (no tengo los datos exactos) para desposarse con Ramona López Hontañón, en lo que puede haber sido la consumación de un amor nacido en la infancia o un matrimonio dispuesto por las familias.

Don Miguel y doña Ramona procrean cuatro hijos: Emilio, Miguel, Joaquín —*Quino*— y María Teresa —*la Peque*. don Miguel y doña Ramona dejaron evidencia de buena paternidad en la educación que les heredaron a sus vástagos, todos dotados de buena cabeza y gran capacidad de trabajo. La inteligencia natural, la disciplina, la honradez y la entereza de carácter fueron cualidades evidentes en Joaquín Remolina. Los

sencillos padres les dieron a sus hijos el impulso para que pudiesen alcanzar lo que ellos no pudieron tener: la mejor educación posible. Procreada su descendencia, la familia Remolina se traslada a Toluca, ciudad en la que don Miguel y su hermano crean un taller de confección de ropa para obreros.

La familia Remolina abandona Toluca en 1932 por las crecientes dificultades económicas y laborales del taller de confección que resultaron del creciente sindicalismo: eran los años del “maximato” de Calles. La familia se traslada entonces a la ciudad de México y se instala en pleno centro (en la calle de Costa Rica). Joaquín tiene entonces cinco años. Los primeros años de Joaquín no parecen haber sido del todo felices. Sus dos hermanos coinciden en que de niño era un llorón que reclamaba atención, y que se sentía desatendido por su madre, la cual, según refieren ambos, estuvo deprimida durante años por la muerte de Miguel, el hijo que antecedió a Joaquín. Los padres, conservadores y afectados por la política cardenista, desconfiaron del tinte socialista de la educación pública y lo inscriben en una escuela privada de tendencia confesional, situada a pocas calles de su domicilio. Este antecedente no parece haber hecho mella en Joaquín, discreto hombre de izquierda que de adulto no mostró inclinaciones religiosas. No obstante, María Teresa, su hermana, con la que convivió 21 años, compañeros primero de travesuras y después, ya mayorcitos, de excursiones, cuenta que hicieron juntos la primera comunión por partida doble, el mismo día, en dos capillas distintas de la Iglesia de Santo Domingo, en la plaza del mismo nombre y a un costado del dominico cuartel general del tribunal del muy santo oficio, que fue después la casa de la Escuela de Medicina en la que Joaquín Remolina y su hermano Emilio estudiaron. No fueron la primera y la segunda comunión, sino la primera hecha dos veces. Les pareció que el cumplir con el sacramento por duplicado les garantizaría sin duda el goce eterno del paraíso.

La primera escuela que Joaquín tuvo en esta ciudad seductora y traicionera aumentó el coste de las colegiaturas y Joaquín hubo de continuar y concluir la educación primaria en 1938 en la escuela “Nicolás Bravo”, gubernamental, situada en la calle de Bolivia. Sus notas fueron sobresa-

lientes. Los resabios familiares contra la educación pública desaparecieron. Concluida la educación primaria, Joaquín da el siguiente paso en la Secundaria número 11, en la calle de Belisario Domínguez. Durante la secundaria construye un radio de galena y, lo más notable, asistido por Emilio, tiende una línea de telegrafía entre su casa y las de sus amigos cercanos, lo que implicó el aprendizaje del sistema Morse. Después cursa la preparatoria, en San Ildefonso, antesala del hermoso edificio con magnífico claustro, esto es, la referida casa de los dominicos, en la esquina de Brasil y Venezuela, a la que Joaquín y su hermano Emilio asistiesen después para cursar la carrera de Médico Cirujano de la Universidad Nacional Autónoma de México. Don Miguel estaba empeñado en que sus hijos varones estudiasen la que él consideraba que era la más difícil y noble de las carreras, y lo logró. Ambos estudiaron medicina. Hasta la fecha, Emilio ejerce la oftalmología. Joaquín concluyó la carrera en 1950 con las mejores calificaciones de su generación, le entregó el título a su padre... y a otra cosa. No más medicina. Al respecto corren dos versiones. Una, que sólo se la he escuchado a Emilio, afirma que Joaquín quedó perturbado ante un cadáver calcinado durante su Servicio Social en Papanoa, Guerrero. Dada la entereza de carácter del que fue niño llorón, esta versión me parece poco creíble. Quizá fue creada por su hermano mayor tratando de desacreditar la otra versión. Ésta nos dice que Joaquín hizo la carrera sólo para satisfacer a Don Miguel. Esta versión es más extendida y parece ser más verosímil. El hecho cierto es que después de entregarle el título a Don Miguel, Joaquín no supo más de la práctica médica. Pero no debe suponerse que entre Joaquín y su padre hubiese desavenencia y mucho menos ruptura o desamor. Cuenta el mismo Emilio que siendo Joaquín estudiante en la Escuela de Medicina ayudaba a su padre, entonces dueño de una lechería, entregando leche de madrugada en una pequeña camioneta, y no puede ser casualidad que Joaquín le pusiese el nombre de su padre a su único hijo.

Joaquín Remolina fue un *defeño* con suficientes credenciales, entre ellas las calles en las que habitó y fue a la escuela desde la última parte de su infancia hasta recibirse de médico: Costa Rica, Brasil, Belisario Domín-

guez, Colima, San Ildefonso, la plaza de Santo Domingo, y después Sullivan y la calle de Las Artes. Callejear por el corazón de la ciudad de aquellos años era una delicia. Joaquín deambuló desde pequeño por la ciudad amada, maldecida y en perpetua construcción. Alguna vez reímos juntos al imaginar que la ciudad quedaría muy bonita cuando por fin se inaugurase. Andar la vida por esas calles se hizo costumbre inveterada que continuó con Miguel, su hijo y buen amigo, yendo o volviendo de Bellas Artes, el Sanborns de La Fragua o cualquier otro sitio de aquel maravilloso centro de la ciudad. De aquella época evoca su hijo Miguel, emocionado, una noche en el Auditorio Nacional: se tocaba la novena sinfonía de Beethoven y se sorprendió al ver que por las mejillas de su padre corrían lágrimas.

Desde su niñez Joaquín Remolina López estuvo habitado por mil inquietudes y una clara disposición para entender el funcionamiento de máquinas e instrumentos, disposición que bien cultivada se convirtió en fascinación e incluso en obsesión. Algo tuvo que ver en eso su hermano, Emilio, seis años mayor que él, con quien desde niño instalaba timbres en su casa y construía o modificaba motorcitos. Emilio ya estaba contagiado por ese mal. El gusto por la aviación, sobre el que abundaré más adelante, también fue compartido con Emilio; si los fines de semana reunían cincuenta pesos, entonces se podían pagar una vuelta en avioneta sobre la ciudad de México. Emilio dice que aprendieron algo de teoría sobre aeronáutica leyendo una sección de *El Universal*; otros dicen que leyendo *Los Supersabios*.

SU INICIO COMO FISIÓLOGO

Concluida la carrera de médico, Remolina empieza de inmediato su carrera como fisiólogo, con cargo de ayudante, de 1950 a 1952, en el Departamento de Fisiología dirigido por don Arturo Rosenblueth, en el Instituto Nacional de Cardiología (INC). Gracias a don Ignacio Chávez, fundador y director del INC, esta institución crea en México la figura de investigador de tiempo completo. El joven Remolina se revela pronto como un brillan-

te prospecto y participa con don Ramón Álvarez-Buylla y José Ramírez de Arellano en un trabajo pionero sobre el potencial generador del corpúsculo de Paccini, un receptor sensorial a los estímulos mecánicos que se encuentra fácilmente en el peritoneo del gato. Contaban tanto Joaquín como don Ramón que al mostrarles el corpúsculo a los médicos del INC, la opinión generalizada fue que se trataba de un parásito. El descubrimiento del “parásito” y sus propiedades eléctricas abrió una brecha experimental seguida después por numerosos investigadores de varios países.

En el INC el joven Joaquín Remolina era ya un trabajador nocturno. Emilio, que también lo era, solía pasar ya de madrugada frente al Instituto, y frecuentemente veía que la luz de la oficina o el laboratorio en los que trabajaba su hermano estaba prendida. Se animaba entonces a visitarlo para charlar, hasta que un día Joaquín le pidió que ya no lo hiciese, pues lo distraía. Por esos años el germen de la instrumentación ya se estaba expandiendo en el cerebro de Remolina. En el INC diseñó y construyó sus primeros ingenios: un sincronizador de estimuladores y un sumador y limitador de choques eléctricos.

Por cierto, durante la estancia de Joaquín en el INC estaba en construcción, al principio de los años sesenta, lo que hoy es el Centro Médico Nacional Siglo XXI, que fue construido por iniciativa de la Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública para después traspasarlo al Instituto Mexicano del Seguro Social. La construcción de este centro les sirvió de manera espléndida a Joaquín Remolina, Ricardo Miledi (quien hoy es un notabilísimo fisiólogo) y otros *cuates* que practicaban el descenso a *rappel* desde el techo de algún edificio.

Entre experimentos, el diseño y construcción de aparatos y los descensos a *rappel*, Remolina conoce a Albert Grass, a la sazón dueño y director de una empresa instrumental estadounidense que llegó a ser un emporio: Grass Instruments. Albert Grass inició su empresa después de haber sido el ingeniero electrónico que en la Universidad de Harvard les construía los aparatos que le solicitaban Walter B. Cannon y don Arturo Rosenblueth. Don Alberto fue hombre ingenioso, generoso y gran amigo de varios distinguidos fisiólogos mexicanos, sobre todo de don Arturo y de don Juan

García Ramos. También era un reconocido de talentos. En 1952, la Fundación Grass becó a Joaquín para hacer una estancia académica en Cincinnati, USA, estancia que interrumpe para volver a México en 1953 debido a la muerte de su padre. Después, en 1955 y 1956, goza de una beca concedida por la Fundación Rockefeller para completar su formación como fisiólogo en la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York.

A propósito de estos años hay una anécdota que Joaquín le relató por carta a Emilio: el profesor que fungía como su tutor en esa universidad le encarga al joven mexicano el registro de cierta actividad eléctrica de una neurona del langostino, especie muy utilizada en la fisiología experimental. Después de un tiempo, Remolina le mostró al tutor los registros, y éste quedó sorprendido por la limpieza de los trazos: durante el año precedente, los registros aparecían deformados por una interferencia de alta frecuencia. Remolina le explicó al profesor que lo mismo le ocurrió al principio, pero notó que la frecuencia de la interferencia se correspondía con la de las ondas de radio. Después de una indagación, averiguó que había una estación de radio cercana. Entonces blindó eléctricamente el preparado biológico, los amplificadores y el osciloscopio que registraban la actividad eléctrica, conectó el blindaje a tierra y la interferencia desapareció. Sus antecedentes como radioaficionado, a los que me referiré después, habían rendido frutos, y su talento instrumental aparecía de nuevo.

En Nueva York conoce a una atractiva joven norteamericana, Bárbara Schlig, bajita y rubia, de ojos azules, miope y sonriente, *newyorker* del Bronx, de ascendencia polaca, *newyorker* perfecta y estudiante de fisiología. Joaquín y Bárbara se enamoran, se casan en 1956, se trasladan a la ciudad de México y procrean a Miguel (1962). De 1962 a 1964 Remolina cursa el programa de Maestría en Ciencias, especialidad en fisiología y biofísica en el Cinvestav, institución recientemente inaugurada (1961) y creadora en México de los posgrados en ciencias básicas; obtiene el grado correspondiente a principios de 1964 y de inmediato comienza a cursar el doctorado. En abril del mismo año es nombrado instructor de ese departamento, puesto que conserva hasta el 31 de agosto de 1966, fecha en la que renuncia a su cargo y a proseguir el doctorado que ya tenía prác-

ticamente concluido. Las razones de esta renuncia no son claras. Sólo hubo rumores, y Joaquín nunca hizo explícitos sus motivos. Lo que sí puedo asegurar es que ya por ese entonces la instrumentación era la más fuerte vocación de Joaquín pero no la vocación del departamento que lo albergaba.

Relataré un episodio de aquella época: la tesis doctoral de Remolina versaba sobre el potencial generador del corpúsculo de Paccini, el que había descubierto con su maestro Álvarez-Buylla, a quien ya me he referido. Las terminaciones nerviosas de las neuronas (axones) están rodeadas por varias capas de células no nerviosas (corpúsculos) que miden menos de un milímetro y que son sensitivas a la presión. Sobre el corpúsculo se ejerce la estimulación mecánica que da lugar al potencial generador de la terminación nerviosa. El propósito central de la tesis de Joaquín era buscar la relación temporal entre la deformación mecánica del corpúsculo y la excitación eléctrica del axón contenido en su interior. Para ello se necesitaba una cámara fotográfica de alta velocidad (unas mil fotografías por segundo), muy cara y que el Cinvestav no estaba dispuesto a sufragar, y menos para un estudiante (aunque ya impartía clases de maestría). Remolina resolvió el asunto utilizando una cámara quimográfica Grass; la velocidad de avance continuo de la película en la modalidad de quimógrafo era muy lenta, pero Joaquín encontró que dicha velocidad era dependiente de la intensidad de la corriente eléctrica que alimentaba al motor. Diseñó y construyó un amplificador regulado de corriente, con lo que la película podría avanzar a la velocidad deseada. Había otro problema: si el corpúsculo y el vástago que lo deformaba brevemente (unos cinco milisegundos) eran iluminados continuamente mientras avanzaba la película, la imagen obtenida sería la de un rastro borroso imposible de descifrar. Como dije, era necesario tomar fotografías separadas a razón de mil o más por segundo utilizando una cámara con un diafragma o su equivalente que completase el ciclo apertura-cierre en menos de una milésima de segundo. Este problema lo resolvió Joaquín dejando el diafragma abierto y produciendo un destello de menos de un milisegundo de duración con un bulbito de neón que era gobernado por un estimulador eléctrico. A mí, estudiante

de maestría y alumno de Remolina en el curso de Fisiología del Aparato Respiratorio, el proyecto me pareció genial. De vez en cuando yo le preguntaba sobre la marcha de su tesis. Él contestaba “ahí va”, pero lo notaba moroso y sin entusiasmo. Me pareció que él no tenía derecho a dejar a medias o posponer indefinidamente la conclusión del proyecto. Me ofrecí a ayudarlo de la manera que dispusiese. Me puso trabas tratando de librarse de mi presencia:

- Es que yo trabajo de noche.
- Pues dígame a qué hora me presento.
- A las diez.
- Muy bien, a las diez.

A las diez me lo encontré apoltronado en su sillón. El montaje del experimento ya estaba dispuesto. Hizo un par de ‘corridas’ y dijo con tono aburrido: “mañana podemos hacer las mediciones”. Recordé la emoción con la que en meses anteriores me había enseñado en repetidas ocasiones el funcionamiento del sistema. Al terminar el breve experimento me di cuenta de que lo que en verdad le había interesado a Joaquín fue la solución del problema instrumental. Pero no me dejó volver a casa:

- ¿De veras quiere trabajar?
- A eso vine.

— ¡Entonces vamos a hacer unas mil balitas! —y sacó un horno de fundición, plomo, cobre, pólvora, casquillos, moldes, fulminantes, fulmiantador... e hicimos las mil balitas, calibre 45 o 9 mm, que por supuesto eran prohibidísimas armas exclusivas del ejército. Tardamos varias horas en hacer las balas y las disparamos en menos de dos horas, allá en un polígono de tiro que estaba o está al norte de la ciudad por los rumbos de San Juanico. En esa época Remolina se había aficionado a las armas de fuego y al tiro al blanco, y me hizo partícipe de esa afición. Me enseñó a armar, desarmar y limpiar pistolas y fusiles. El ejército estaba a la custodia del polígono, y un día, de mala manera, a punta de insultos y fusil en mano, un soldado nos echó y amenazó con detenernos. Resulta que Joaquín había transformado un rifle M1 en M5, y al sargento en funciones le disgustaron las ráfagas de ametralladora con las que alegremente deshacía-

mos los blancos. Por ese entonces vivía Joaquín en la Avenida Ticomán, cerca del Cinvestav.

La Fisiología le sirvió a Remolina sobre todo para afianzarse en la instrumentación y conocer las necesidades instrumentales de fisiólogos y biólogos en general.

En el otoño de 1966 la familia Remolina-Schlig se traslada a la ciudad de Chihuahua. De ese año a 1970 Joaquín es el profesor de Fisiología en la universidad de este estado, aunque los tres últimos meses de cada año los pasa como profesor en la Facultad de Medicina de la centroamericana Universidad de El Salvador. Estos viajes los hace sólo mientras Bárbara y Miguel permanecen en Chihuahua. Desde entonces se barrunta que la relación Remolina-Schlig se hizo áspera. Después Joaquín haría visitas breves a San Salvador hasta la década de los ochenta. En la Facultad de Medicina de Chihuahua hizo una labor extraordinaria. Funda el Departamento de Fisiología, y más allá de sus obligaciones docentes —era un profesor magnífico— estableció dos talleres, uno de mecánica y otro de electrónica en los que se producían los instrumentos necesarios para la investigación. No he visto en ninguna otra parte, ya sea en América o en Europa, mejores talleres en un departamento de investigación. Recuerdo un osciloscopio de siete canales que Joaquín diseñó y construyó a partir a un aparato de televisión.

Sobre esta época relata su hijo Miguel un hecho que recuerda vivamente aunque era un crío. El crudo invierno de Chihuahua hace necesario un sistema de calefacción. Joaquín construyó un hogar que funcionaba con petróleo, y como el humo podría molestar a los vecinos, construyó también una alta chimenea para que las emanaciones del hogar se dispersasen sin provocar molestias. Miguel recuerda sobre todo la chimenea que en su evocación es altísima, de veinte o veinticinco metros, agrandada seguramente por el recuerdo construido por un niño. El caso es que el hogar le servía a la familia para calentarse y a Miguel le servía la chimenea para saber dónde estaba su casa aunque se encontrase a varias calles de ella. Lo que a mí me evoca este recuerdo de Miguel es el gran respeto de Joaquín por sus semejantes.

LA PIONERA SECCIÓN DE BIOELECTRÓNICA

Joaquín se reincorpora al Cinvestav el primero de septiembre de 1971 con el cargo de profesor adjunto, pero no en el departamento que había dejado sino en el de Farmacología y Toxicología, lo que sin duda parece extraño, y además no fue recontratado para cultivar estas disciplinas sino para dar rienda suelta a su vocación más profunda. En 1972, por su impulso y contando con el apoyo de don Guillermo Massieu, segundo director general del Cinvestav, se crea a manera de prueba la Sección de Bioelectrónica en el departamento en el que se había incorporado. Remolina es nombrado coordinador de la sección que un año después es reconocida oficialmente. En todo esto hay dos paradojas: que una sección tecnológica formase parte de un departamento dedicado a la investigación biomédica básica, y que un profesor adjunto fuese nombrado coordinador. La primera paradoja, que es académicamente inexplicable, se da gracias a la confianza, aprecio y respeto que le tenían el jefe de ese departamento, Dr. Antonio Morales, y el director de la institución; y también a que al parecer no se encontró una mejor opción para ubicar a la sección, aunque el departamento del Cinvestav con más profesores era el de Ingeniería Eléctrica. Quizá Remolina no era bien visto por los profesores de este departamento. Quizá lo veían como un advenedizo en la profesión y autodidacta por añadidura. La segunda paradoja fue la de tener la doble y dispar calidad de profesor adjunto y coordinador de sección, sólo se puede explicar por una estúpida regla burocrática: Remolina no era recipiente de un doctorado y además se negaba a obtenerlo, pues bien sabía que con doctorado o sin él haría lo mismo, y lo que verdaderamente le importaba era hacer lo que sabía, imaginaba y podía. Han de pasar casi nueve años para que, el 1 de enero de 1979, se le conceda el puesto de profesor titular en grado B, y cinco años más para que le adjudiquen el grado D (1 de abril de 1984). Continúa como jefe de la sección hasta 1987. Los sucesivos jefes han sido todos discípulos suyos.

Para juzgar los méritos de la Sección de Bioelectrónica, digamos de este segundo hijo de Joaquín Remolina López, sobran los adjetivos. Además

de la lista de instrumentos diseñados y contruidos por él o por sus discípulos bajo su guía y con su participación (véase más adelante), se cuentan las siguientes características y resultados de la sección que fundó.

En el primer posgrado que se estableció en México en su especialidad.

Ha otorgado, hasta 2003, más de cien maestrías y siete doctorados (el doctorado se crea en 1995).

Algunos de los egresados de la Sección de Bioelectrónica han fundado o se han incorporado a grupos de investigación en diversas instituciones, como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, los tecnológicos de Tampico, Torreón y Reynosa, y varias escuelas del Instituto Politécnico Nacional. Respecto a la formación que recibían los alumnos de la sección de Bioelectrónica, en un documento que ellos mismos me entregaron destaca lo siguiente:

El sistema pedagógico... requiere...que el estudiante lleve a cabo a lo largo de su preparación, con grado decreciente de supervisión...el de cuatro instrumentos de aplicación en enseñanza, investigación o práctica de la medicina.

La construcción de dichos instrumentos debe de corresponder a una necesidad real...

Otros egresados han fundado industrias, por ejemplo, Bioelectrónica S.A., Tonalli S.A., Ultraión, S.A., Desarrolla F.M., S.A., Electrónica Médico Industrial y Blancs S.A.

ALTIBAJOS EN EL CINVESTAV Y SALIDAS ALTERNATIVAS

En la Sección de Bioelectrónica ya consolidada no todo fue miel sobre hojuelas. Hubo divisiones internas que sirvieron de caldo de cultivo a los reclamos de la administración del Cinvestav. La actitud hacia Remolina se tornó opuesta al apoyo que le habían dado el Dr. Massieu y el Dr. Morales. Como reza la conseja popular, “alguien vio burro y se le ofreció viaje”.

Joaquín fue relevado de la jefatura, lo que le causó pesadumbre, pero su ánimo creativo permaneció intacto. Entre 1990 y 1993 se lanzó a dos nuevas empresas, una de ellas en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, en donde hizo una estancia sabática y puso en funcionamiento instrumentos que llevaban ahí varios años sin ser usados. La otra empresa fue de largo alcance: el proyecto Iberchip, en colaboración con profesores de Argentina, Brasil, Uruguay, Colombia, Portugal, Bélgica, Holanda, Francia y España. Barcelona era el nodo de una red, en el Centro Nacional de Microelectrónica (CNM). Remolina hizo múltiples visitas al CNM y entabló una relación profesional y amistosa con el Dr. Jordi Aguiló, director de esta institución. El Dr. Aguiló auspició que en México se llevase a cabo una reunión de los participantes del proyecto, durante la cual, en emotivo discurso, Aguiló reconoció las contribuciones del *Maese*. El propósito general con este proyecto fue que cada país participante alcanzase la autosuficiencia en el campo de la electrónica y la computación. Remolina participó en la fabricación de circuitos integrados en lo que ya tenía una rica experiencia. Rogelio Pablo Hernández me trae a la memoria uno de los aparatos que les fue necesario hacer para llegar a realizar tales circuitos años antes de involucrarse Remolina en el proyecto Iberchip, y que retrata de cuerpo entero el ingenio de Joaquín Remolina López para crear a bajo costo la infraestructura que le era indispensable. Se necesitaba una cámara con múltiples lentes para fotografiar e imprimir en escala reducida los diagramas de las plantillas de tales circuitos. Crearon entonces la cámara bautizada como 'la mosca bizca'; quien conozca la estructura del ojo compuesto de la mosca se dará cuenta de la ironía, aunque la cámara funcionaba perfectamente. Remolina encontraba un placer lúdico en su trabajo. Pablo Rogelio estima que el costo de la 'mosca bizca', a precios actuales, no excedió de los 30 000 pesos. El importe de los equivalentes comerciales era entonces superior al millón de pesos.

Otro artificio que a mí me hacía reír de satisfacción por el ingenio desplegado fue una cámara de alto vacío para depositar partículas metálicas: la cámara era un botellón de agua purificada.

Un proyecto similar al de Iberchip fue Bramex, en el que participaban Brasil y México. El objetivo inicial era diseñar y construir una computadora novedosa con el propósito ulterior de usarla para diseñar un microprocesador, novedoso también, que compitiera en el mercado con sus equivalentes de poderosas casas comerciales (Motorola, Toshiba, etc), cuyas características son mantenidas en secreto, lo que no ocurriría con el nuevo microprocesador.

JOAQUÍN REMOLINA, MAESTRO

Joaquín es recordado con afectuosa emoción y respeto por quienes fueron sus discípulos y compañeros de empresa. No es para menos. Les dejó enseñanzas que cada cual aprovecha como mejor puede.

Que sus discípulos se refirieran a Remolina como *el Maese* era parte de un recíproco código de afectuoso respeto. No puedo contarme entre sus seguidores aunque aprendí lo que pude de Joaquín, sobre todo en relación con la actitud ante el conocimiento y ante la sociedad. Joaquín más que un ingeniero era un investigador profundo de nuevas técnicas que hacía realidad. Ésta es la más importante enseñanza que les dejaría a sus discípulos.

Sólo soy un profesor. Lo decía sinceramente. Lo conocí en 1966 siendo él mi profesor del curso de Aparato Respiratorio de la maestría en Fisiología y Biofísica del Cinvestav. Después de un par de sesiones me di cuenta de que era un maestro. Estoy seguro de que sus numerosos discípulos y seguidores estarán de acuerdo. También descubrí su habilidad e ingenio instrumental. Para impartir el curso construyó varios instrumentos, entre ellos un espirómetro que funcionaba estupendamente. Otros aparatos, útiles para la determinación de gases en la sangre, fueron importados, pero conocía perfectamente sus características y su manejo. Daba sus clases con rigor y pasión. Dos cosas le sacaban de quicio: la pereza y la simulación.

Si hay algo que identifique a los discípulos de Joaquín Remolina es un enorme afecto y el reconocimiento del genio y la calidad humana de su maestro. Tomo prestadas algunas ideas llevadas al papel por tres de ellos:

[...] lo más importante de su memoria es su brillantez como pensador, la capacidad de análisis apabullante [...] No quiero terminar este recuerdo del *Maese* pasando por alto su alta calidad humana, al amigo que no le importaba hacer uso de su salario para satisfacer la necesidad de un compromiso con su Sección [...] Sin hacer ostentación becó con sus recursos en no pocas ocasiones a estudiantes que él consideraba valiosos. (Dr. Lorenzo Leija.)

Una vida de la que emana bondad, sabiduría, honestidad, respeto y amor hacia los demás [...] Las obras que deja tienen el poder de manifestar su presencia [...] proporcionan un placer, un estímulo, una esperanza [...] hombre probo y genial con quien muchos pudimos colaborar y convivir para disfrutar de sus enseñanzas y su buen trato, pero también para sufrir muchas veces sus regañones. (Dr. Rogelio Pablo Hernández.)

Sabía examinar temas del área de su interés (medicina, fisiología, biofísica y electrónica) de manera fresca y novedosa, y con esto estimulaba, y con frecuencia molestaba a aquellos que caen fácilmente en las investigaciones que están de moda o que derivan de políticas institucionales convenientes, y que consumen grandes presupuestos. (Dr. Rafael Urrutia.)

EL HOMBRE Y SUS PASIONES

Más que tener aficiones, a Joaquín Remolina lo devoraban pasiones de toda índole. No parecía haber cosa que no le interesase. Su hijo lo recuerda en dos actitudes cotidianas: o conversaba o leía, y leía de todo. Su más grande pasión intelectual, las máquinas y todo tipo de instrumentos, le condujo a muy distintas experiencias. Por ejemplo, la transmisión por radio, que le dejó profunda huella y plasmó en logros. Empezó esta pasión con un antiguo amigo que ingresó a un regimiento de transmisiones del ejército. Con los aparatos del ejército, a hurtadillas, y en la habitación de Remolina en la calle Colima se hicieron radioaficionados sin licencia, hasta que un superior del regimiento les sorprendió y reprendió al subordinado. Años después Remolina construyó radios para la intercomunicación de pilotos de avionetas fumigadoras en Chihuahua, y un sistema de

comunicación entre clínicas rurales, o mejor dicho, selváticas, en República Dominicana. Hay quien dice que Joaquín Remolina construyó un sistema de comunicación para el servicio médico de la guerrilla salvadoreña.

Contribuyó a establecer un sistema de comunicación entre ambulancias del IMSS y el servicio de Cardiología del Hospital la Raza. El sistema incluye la transmisión de registros electrocardiográficos de pacientes recogidos por la ambulancia en situación de urgencia cardíaca; los registros eran analizados en el hospital durante el traslado del paciente, lo que permitía hacer el diagnóstico en la central y transmitir a la ambulancia el debido tratamiento durante el traslado. Según el jefe del servicio, este sistema de comunicación permitió salvar la vida de muchos pacientes.

Con su amigo del regimiento de transmisiones, Joaquín hizo la caminata desde la carretera que va de Amecameca a Cuautla hasta la estación retransmisora en Paso de Cortés, esto es, entre el volcán Popocatepetl y su pareja la Ixtacihuatl. El buen amigo era además afecto al montañismo y con él Joaquín descubrió la satisfacción de trepar montañas, satisfacción que compartió con la *Peque Tere*, su mejor amiga y compañera de andanzas; en una fotografía aparecen las imágenes de Joaquín y Tere en la hondonada de Chalchoapan, en el Iztaccihuatl, frente a la ruta directa a la cumbre.

También, como dije, se aficionó a la aviación junto con su hermano. Como Joaquín no era hombre que dejase las cosas a medias, en Chihuahua adquirió y modificó una avioneta en la que, según Emilio, siempre tuvo aterrizajes azarosos. Practicó la natación (Miguel cuenta que lo hacía muy bien). Hombre contrario a cualquier agresión, se entusiasmó con las armas de fuego. Su pistola favorita era un revolver calibre 44, un cañoncito que daba una 'patada' de dar miedo. El uso deportivo de armas prohibidas, los descensos a *rapel* en edificios públicos, la radiotransmisión sin licencia y el contrabando atestiguan que Joaquín Remolina no era un ciudadano modelo que se ajustase plácidamente a reglas y disposiciones. Eso sí, a nadie le hizo daño intencionalmente.

Las pasiones de Remolina cubrían un espectro muy amplio. Por un lado, los ensordecedores pistoletazos. Por otro, bajo el influjo de Pedro Lehmann, farmacólogo del Cinvestav y hombre bueno, Joaquín y su hijo

Miguel aprendieron a leer música y a tocar la flauta barroca. Antes Joaquín tocaba la guitarra medianamente.

Una última nota. Joaquín tuvo una cualidad más: el cambiar de opinión cuando las evidencias le hacían ver lo erróneo de algunos prejuicios. Siendo él profesor y yo su alumno, me increpó duramente ante mis compañeros porque según su percepción yo no había preparado el tema de una clase. Como sentía gran respeto y simpatía por tan buen profesor, no le contesté de inmediato. Concluida la clase y a solas le hice ver que me había juzgado injustamente. Me escuchó con atención y me pidió que lo disculpase. Después, durante nuestros primeros años de amistad respetuosa —siempre me trataba de usted, como lo hacía con todo el mundo— percibí en Joaquín una tendencia a la hispanofobia, la que no hacía explícita, y yo la atribuí a experiencias previas desafortunadas, posiblemente con su padre y con Álvarez-Buylla, este último hombre bondadoso pero gritón y de carácter explosivo que desde luego contrastaba con las maneras suaves de Remolina. Joaquín viajó por primera vez al lar de sus ancestros tardíamente, creo que a fines de los ochenta. Alguna vez me comentó emocionado sobre la calidez con la que lo habían recibido sus desconocidos parientes transatlánticos y la belleza del lugar. La hispanofobia que yo había percibido desapareció. Posteriormente se sintió a sus anchas en España.

LA OBRA DE REMOLINA

Durante el IV Taller Iberoamericano en Micro y Nanotecnologías para Aplicaciones Biomédicas celebrado en Guadalajara, México, el 2 de abril de 2002, se le hizo un homenaje póstumo al Dr. Joaquín Remolina. En este homenaje se hizo una relación de las actividades de Joaquín en la Sección de Bioelectrónica, relación que al parecer el mismo Remolina entregó con anterioridad a los organizadores del taller. Joaquín dividió sus contribuciones en dos partes: una antes y otra después de fundar la Sección de Bioelectrónica. La primera la titularé “Primeras obras” y la segunda “Obra en la Sección de Bioelectrónica”. Me llama la atención que en la

lista no se haga mención de un aparato de electropuntura para astronautas que fue utilizado por el Dr. Rodolfo Neri Vela durante la misión espacial 61-B de la NASA, misión durante la cual se lanzó el satélite mexicano Morelos-B. Sobre este episodio haré un comentario. La lista es la siguiente.

PRIMERAS OBRAS

Sincronizador para estimulador Grass S2. Instituto Nacional de Cardiología.

Sumador y limitador para estímulos eléctricos para nervios. Instituto Nacional de Cardiología.

Estimulador eléctrico para uso biológico. Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador, C.A.

Estimulador eléctrico para uso biológico. Facultad de Medicina de la Universidad de Guadalajara.

Construcción y ajuste, según diseño del Dr. Ramón Álvarez Buylla, de seis estimuladores eléctricos para docencia en biología. Facultad de Medicina de la UNAM.

Sistema de escala múltiple para medir corrientes de diálisis. Facultad de Medicina de la UNAM.

Fuente de alimentación establecida electrónicamente, para preamplificador Grass P4. Instituto Nacional de Cardiología.

Parte mecánica de la etapa de entrada de alta impedancia, para uso con microelectrodos. Instituto Nacional de Cardiología.

Micromanipulador hidráulico para microelectrodos. Instituto Nacional de Cardiología.

Estimulador eléctrico para biología, capaz de suministrar pulsos con diversas características: $V = k$, $dV^2/dt^2 = k$; $V = at^2$, etcétera.

Diseño de un picoamperímetro para medir presión parcial de oxígeno. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Regulador de velocidad para motor eléctrico. Escuela de Química de San Luis Potosí.

- Preamplificador de acoplamiento directo para señales biológicas. Escuela de Medicina de Cincinnati.
- Diseño de un dispositivo electromecánico para estudiar el potencial electrónico a lo largo de la superficie de un músculo. Escuela de Medicina de Cincinnati.
- Prototipo y diez copias de un estimulador eléctrico para docencia e investigación en fisiología. Escuela de Medicina de la Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Osciloscopio para electrofisiología, con pantalla de 12 pulgadas, 1 a 5 canales, 0 a 2 MHz. Escuela de Medicina de Chihuahua.
- Preamplificadores para el osciloscopio anteriormente citado. Escuela de Medicina de Chihuahua.
- Audiómetro para docencia. Escuela de Medicina de Chihuahua.
- Electromanómetro de respuesta rápida, para estudios de hemodinamia. Escuela de Medicina de Chihuahua.
- Rotámetro de respuesta rápida para hemodinamia. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Electromanómetro de respuesta rápida para líquido. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Prototipo y tres copias de contador fotoeléctrico para gotas. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Neumotacómetro e integrador, para medidas en humanos. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Respirómetro de tipo Knipping. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Microcámara para equilibrio de gases en líquidos. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Sistema transistorizado de ajuste automático de brillo para osciloscopio de rayos catódicos. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Transductor electromecánico con zona de respuesta entre 0 y 2000 Hz dotado de registrador fotoeléctrico de desplazamiento y circuitos asociados; el instrumento es útil para estudiar el comportamiento de los

- receptores sensoriales musculares. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Medidor ágil para la medida de tensión mecánica. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Sistema para cinematografía al microscopio, a 2000 exposiciones por segundo. Departamento de Fisiología del Cinvestav.
- Cardíaco para sala de operaciones, dotado de tres canales; para electrocardiografía, presión intravascular y cardiotacometría. Hospital Militar de Chihuahua.
- Estimulador neurológico para humano, con pulsos eléctricos regulados en corriente, ajustables en frecuencia, duración e intensidad. Facultad de Medicina de Chihuahua.
- Preamplificador electrofisiológico con monitor sonoro. Facultad de Medicina de la Univeersidad de El Salvador, C.A.
- Linearizador de escala para medidor en concentración nitrógeno del tipo Nitrolyzer. Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador, C.A.
- Medidor polarimétrico de presión parcial de oxígeno. Falcultad de Medicina de Chihuahua.
- Aparatos de radiocomunicación en onda corta fijos y para aeronáutica. Diseño, construcción y operación de sistemas de alto vacío.
- Depósito al vacío de películas conductoras y dieléctricas.

OBRA EN LA SECCIÓN DE BIOELECTRÓNICA

Al referirse a esta etapa de su trabajo Remolina precisa:

He actuado en forma exclusiva o en colaboración con los alumnos y profesores de la sección, en el diseño y construcción de alrededor de 90 prototipos de instrumentos biomédicos, de los que se han entregado, para su uso, cerca de 400 ejemplares. Entre los instrumentos simples o proyectos más complejos realizados figuran:

Fijador de voltaje para estudios en epitelios. Se han entregado 52 ejemplares, en uso en laboratorios de investigación y enseñanza del Cinvestav y diversas universidades del país, de Argentina y Uruguay.

Simulador eléctrico de epitelios (epitelio artificial). 49 ejemplares en uso.

Contador de respuestas nerviosas, con discriminador por amplitud. 8 ejemplares en uso.

Sistema de vigilancia electrónica para el cuidado intensivo de pacientes en estado crítico. El sistema consta de varios aparatos integrados al conjunto bajo la forma de módulos intercambiables:

- A) Unidad de cabecera, colocada cerca del paciente. La constituyen 16 módulos:
 - 1) Un monitor a rayos catódico, que muestra los trazos de presión arterial y electrocardiografía.
 - 2) Seis indicadores numéricos, que muestran el valor de frecuencias cardíaca y respiratoria del paciente, de sus presiones arteriales máxima mínima, de su presión venosa central y de su temperatura corporal.
 - 3) Seis selectores de límites aceptables superior e inferior para cada una de las variables biológicas antes mencionadas. Toca al médico tratante ajustar estos límites, según las condiciones del paciente. Si se rebasa alguno de estos límites, entra en acción un indicador visual y auditivo de la situación de alarma.
 - 4) Un preamplificador electrocardiográfico.
 - 5) Dos preamplificadores de presión.
- B) Consola central de vigilancia. En ella coinciden y se muestran en conjunto los datos provenientes de todas las unidades de cabecera de la sala. Ello permite al médico tener idea a distancia de las condiciones de todos los pacientes bajo vigilancia. La consola lleva los siguientes módulos:
 - 1) Un monitor de rayos catódicos de dos canales, por cada unidad de cabecera de la sala.
 - 2) Seis módulos indicadores numéricos por cada unidad de cabecera de la sala.

- 3) Fuentes de alimentación eléctrica para lo anterior, a razón de una por cada unidad de cabecera.
- 4) Un banco de batería que permite al instrumental mencionado seguir funcionando durante las interrupciones en el suministro de energía eléctrica.

Se han instalado unidades de este tipo en los siguientes hospitales:

- Clínica, Hospital del IMSS en Irapuato, Gto. (para seis pacientes).
- Hospital Universitario de Puebla, Pue. (para seis pacientes).
- Hospital Universitario de Chihuahua, Chih. (para seis pacientes).
- Hospital Universitario de San Luis Potosí, SLP (para dos pacientes).
- Hospital Universitario de Torreón, Coah. (para dos pacientes).

Red de telecomunicación de la Secretaría de Estado de Salud Pública de República Dominicana, para comunicar por radio las clínicas rurales con los hospitales de zona,. Se incluyó a dos ingenieros dominicanos en los labores de diseño, construcción e instalación a fin de asegurar la posibilidad de mantener y ampliar la red con personal dominicano. El proyecto incluyó el planeamiento de la red, el diseño de un prototipo de transceptor por sistema de banda lateral única y 100 vatios de potencia pico, operable a partir de corriente de línea o de batería. Incluyó también la construcción por la Sección de 60 ejemplares del equipo.

Unidad básica para electrofisiología. Destinada principalmente a la enseñanza y a ciertos aspectos de la investigación en las ciencias fisiológicas. Incluye un registrador a rayos catódicos de cuatro canales, de imagen persistente; de preamplificadores para señales eléctricas y para transductores a base de puente resistivo.

Sistema de telemetría de tres canales para llevar a cabo la vigilancia a distancia de pacientes médicos o deportistas con base en la observación de sus trazos electrocardiográfico, neumográfico y electroencefalográfico, transmitidos por ondas de radio.

Sistema de fabricación de engranes, para empleo en la construcción de algunos de nuestros aparatos.

Sistema de alto vacío y depósito de películas delgadas, para uso en la construcción de algunos de nuestros aparatos.

Diseño y construcción de sistemas de fotografía para la fabricación de mascarillas para transistores y circuitos integrados.

Diseño y construcción de hornos y controladores de temperatura para la fabricación de dispositivos semiconductores.

A partir de 1989 he dedicado buena parte de mi atención a los procedimientos de diseño por computación y de fabricación de circuitos monolíticos con alto nivel de integración.

Diseño y simulación funcional por computación, mediante el sistema Tiler de celda patrón diseñado por la Universidad de Utah, de un circuito integrado para hacer la captación, almacenaje y entrega de datos digitales. Incluye cerca de 40 000 transistores.

Diseño y simulación funcional por computación mediante los sistemas Hiermos y Tedmos desarrollados por el Núcleo de Computación Electrónica de la Universidad Federal de Río de Janeiro, de la unidad lógica y aritmética, del temporizador y de la sección de prueba del Microprocesador Bramext, diseñado en colaboración con el Dr. Eber Schmidt, el Profesor Antonio Borges y otros colaboradores del mencionado grupo brasileño.

Asimilación de los sistemas Hiermos y Tedmos, desarrollado por el Núcleo de Computación electrónica de la Universidad Federal de Río de Janeiro, a fin de tener a nuestra disposición esa poderosa herramienta para nuestros proyectos de desarrollo de instrumentos medicobiológicos. Este proyecto recibió el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Desarrollo de un sistema que permite usar los archivos computacionales generados por Hiermos y Tedmos, desarrollados por el Núcleo de Computación Electrónica de la Universidad Federal de Río de Janeiro, a fin de tener a nuestra disposición esa poderosa herramienta para nuestros proyectos de desarrollo de instrumentos medicobiológicos. Este proyecto recibió el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Desarrollo de un sistema que permite usar los archivos computacionales generados por Hiermos y Tedmos al diseñar un circuito, para obtener a partir de ellos las imágenes primarias que se emplearán para obtener las retículas y mascarillas necesarias para la fabricación de circuitos integrados. Este proyecto también fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Para hacerlo posible se requirieron las siguientes actividades:

- a)* Adquisición, instalación y ajuste de un graficador óptico Gerber PC 800, usado.
- b)* Diseño de un programa de computación que extrae los datos del archivo CIF, con los que sistema Tedmos-Hiermos describe en detalle el circuito diseñado, los separa por capas y los convierte en nuevos datos que, almacenados en una cinta magnética, llevarán a cabo el control directo del graficador óptico.
- c)* Desarrollo de la técnica adecuada para que el graficador óptico impresione las 8 a 12 placas fotográficas correspondientes a las imágenes requeridas para el mismo número de pasos en la fabricación del circuitos. Estas imágenes son 30 a 200 veces más grandes que el tamaño que deberán tener sobre el silicio.
- d)* Desarrollar el sistema que permita obtener las 8 a 12 imágenes fotográficas primarias, y hacer su reducción a un tamaño diez veces mayor que el que tendrán sobre el silicio.
- e)* Obtener, mediante un repetidor fotográfico, la reducción al tamaño necesario y la repetición de la imagen tantas veces como quede en la mascarilla madre.
- f)* Desarrollo del proceso que permite obtener a partir de cada una de las 8 a 12 mascarillas madre las mascarillas de trabajo que se han de usar en el laboratorio de fabricación.

Haciendo uso de esta infraestructura técnica se han hecho los siguientes trabajos:

- g)* Diseño y fabricación de dos juegos de mascarillas fotolitográficas, para la fabricación de discriminadores optosensibles cuádruples.
- h)* Diseño y fabricación de un juego de mascarillas fotolitográficas para la fabricación mediante técnicas de microelectrónicas de sensores químicos.
- i)* Fabricación de un juego de mascarillas para la fabricación mediante técnicas microelectrónicas de sensores magnéticos basados en el efecto Hall.
- j)* Fabricación, con las mascarillas antes citadas, del sensor magnético a efecto Hall, en el departamento de Microelectrónica del INAOE, en Tonantzintla, Pue., con un rendimiento de cerca de mil sensores por cada oblea de 50 mm. de diámetro.
- k)* Fabricación de un juego de mascarillas para la fabricación, mediante las técnicas de microelectrónica, de un sensor magnético basado en el efecto de Hall o en el efecto de Lorenzo.
- l)* Fabricación con las mascarillas antes citadas del sensor magnético en el Departamento de Microelectrónica del INAOE.
- m)* Fabricación de juegos de mascarillas para dispositivos de prueba del proceso de laboratorio y para circuitos de prueba de las celdas patrón, según diseño del INAOE.
- n)* Fabricación, con éxito, usando las mascarillas antes mencionadas, de los dispositivos correspondientes, en el Departamento de Microelectrónica del INAOE.
- ñ)* Diseño a detalle completo para hacerse mediante tecnología ES2, de dos micras, de un circuito para la captación, almacenamiento y entrega de datos digitales, para uso en bioelectrónica, mediante el sistema Tedmos-Hiermos. La fabricación de prueba se hizo por el sistema multiproyecto, organizado por el Centro de Microelectrónica de la Universidad Autónoma de Barcelona.
- o)* Diseño del circuito anterior, para hacerse mediante la tecnología de 7 micras del Departamento de Microelectrónica del INAOE. Se empleó el sistema Tedmos-Hiermos, y se llevó hasta la etapa de masca-

rillas fotolitográficas, con base en la infraestructura de la Sección de Bioelectrónica. Se hizo la fabricación del circuito en el laboratorio del Departamento de Microelectrónica del INAOE, en la última sesión de procesos (octubre de 1993).

- p)* Diseño y fabricación, con prueba exitosa, del microcircuito integrado de propósito especial correspondiente a la sección operativa del computador ILA92, hecho en colaboración con las universidades de España, Argentina, Colombia y con la Universidad Autónoma de Puebla, México.

SOMERÍSIMOS COMENTARIOS SOBRE ALGUNAS OBRAS IMPORTANTES

Rogelio Pablo Hernández y Lorenzo Leija, dos discípulos destacados de Joaquín y ex jefes de la Sección de Bioelectrónica, y Miguel Remolina, médico de profesión pero que siguió muy de cerca el trabajo de su padre y sus colaboradores, me han sugerido resaltar las obras más importantes de Joaquín. La totalidad de este volumen, sin embargo, podría ser llenado para satisfacer esa sugerencia, por lo que me limitaré a comentar sólo tres de las que fueron llevadas a cabo enteramente en el Cinvestav. Un análisis de la obra de Joaquín Remolina revela que sus más importantes contribuciones se dieron una vez consolidada la Sección de Bioelectrónica. Queda claro que la Sección fue un vehículo eficaz para que el talento del maestro Remolina floreciese e hiciese escuela y no fue un corsé que contuviese su creatividad expansiva. Las colaboraciones y servicios nacionales e internacionales aparecieron pronto y se multiplicaron con rapidez, de lo que ya di evidencia en páginas anteriores. Su participación en los proyectos Iberchip y Bramex ya los he comentado. Durante sus últimos 15 años, Joaquín Remolina estuvo muy interesado en el desarrollo de computadoras y sus componentes, lo que se puede constatar en la lista de sus contribuciones. La raíz de su interés fue contribuir a la independencia de México en este campo.

DISPOSITIVO INTEGRAL PARA SERVICIOS HOSPITALARIOS
DE CUIDADOS INTENSIVOS

El dispositivo contenía aparatos para el registro de variables fisiológicas (electrocardiograma, frecuencia cardiaca, presión arterial, etc.). Este proyecto recibió el apoyo del Dr. Guillermo Massieu, director general del Cinvestav que apreció cabalmente la capacidad de Joaquín. A continuación transcribo parte de una carta que el Dr. Massieu le dirigió al Lic. Carlos Gálvez Betancourt (23 de noviembre de 1972), quien a la sazón era el director del Instituto Mexicano del Seguro Social.

...en la Sección de Bioelectrónica se lleva a cabo un intenso programa de investigación aplicada, destinado a atacar algunos problemas prácticos de instrumentación electrónica en medicina, de interés para el país y en particular para el IMSS.

El Dr. Massieu otorgó todo su apoyo institucional al citado proyecto para la realización de un programa piloto de cooperación, ya que prometía beneficios tanto para el IMSS como para el Centro de Investigación que encabezaba, y para la nación en general. Tales beneficios serían:

Para el Instituto Mexicano del Seguro Social:

1. Posibilidad de adquirir dentro del país instrumentos planeados según sus necesidades a un precio notablemente inferior que el del equipo equivalente que hoy se importa.
2. Mantenimiento de dicho equipo, en el país, por personal que lo conozca a fondo.
3. Instrucción acerca del instrumental al personal médico y técnico a cargo de dicho equipo.

Para el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional:

1. Posibilidad de colocar a un nivel de gran eficiencia sus programas de investigación aplicada.
2. Posibilidad de hacer sentir a los estudiantes de posgrado que participan en estos proyectos la satisfacción de contribuir a la solución de problemas nacionales presentes y urgentes, e iniciar con ellos una tradición de autosuficiencia técnica.
3. Posibilidad de crear una fuente adicional de ingresos.

Para la Nación:

1. Posibilidad de adquirir los artículos en cuestión a menor precio, sin menoscabo en la calidad.
2. Disminuir el monto de la pérdida de divisas, causada en parte por la importación de instrumentos.
3. Sentar las bases para el establecimiento de una auténtica industria nacional que permita nuevas fuentes de trabajo, no sólo relativas a labores no especializadas, sino también a aquellas que permitan aprovechar a los elementos humanos altamente capacitados en ciencia y tecnología.
4. Sentar las bases que lleven a una futura independencia tecnológica.

El proyecto se terminó, las unidades para la vigilancia de pacientes en terapia intensiva estuvieron en operación varios años, y se pudo apreciar su uso benéfico en la atención médica de urgencia de pacientes con alteraciones cardiovasculares.

SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN ENTRE CLÍNICAS RURALES Y HOSPITALES

El segundo proyecto es quizá el de mayor envergadura en la carrera de Joaquín. Inicialmente el *Maese* fue requerido por autoridades de República Dominicana para que diese su opinión sobre los proyectos presentados en respuesta a una convocatoria. Se trataba de instalar un sistema de radiocomunicación entre clínicas rurales y hospitales de concentración en ese país. La responsable del proyecto fue la Dra. Isabel Rodríguez, secreta-

ria de Estado de ese país. Los proyectos fueron presentados por conocidas casas comerciales que lo único que ofrecían era vender sus instrumentos sin tener en cuenta la accidentada geografía del país y sin comprometerse a la instalación, mantenimiento y posible expansión del sistema. Remolina rechazó todos los proyectos por inadecuados y onerosos. Se le preguntó entonces cuál sería el sistema adecuado y dio nuevamente su opinión: un sistema de banda lateral suprimida en el que las ondas de radio se reflejan en la atmósfera. La Dra. Rodríguez le preguntó entonces si él podría hacer lo que proponía. Los fondos los proporcionaría el Banco Mundial en calidad de préstamo. Remolina respondió afirmativamente, pero tendría que contar con el permiso y el apoyo institucional. Solicitó el permiso y el director en turno del Cinvestav formó un comité compuesto por ingenieros que analizaron la factibilidad del proyecto. El proyecto fue sancionado negativamente, lo cual fue comunicado por Remolina a la Dra. Rodríguez, quien a su vez le dijo que no se preocupara y que empezara a diseñar el sistema. Pocas semanas después el director del Cinvestav le informa a Joaquín que el proyecto se aprobaba. Aquí falta la información oficial sobre el cambio de la sanción. Se dice que la aprobación se dio por un orden del más alto nivel del gobierno de México en respuesta a una solicitud del más alto nivel del gobierno dominicano. El proyecto se llevó a cabo con sesenta estaciones dispersas en el territorio de aquel país.

Incluyo dos observaciones sobre este proyecto. Primero, como siempre, Remolina partió de la nada: *desde la arena*, dice Rogelio Pablo Hernández. Segundo, para que lo instalado permaneciese funcionando por un periodo indefinido, era necesario garantizar el mantenimiento de los instrumentos. La Sección de Bioelectrónica no podría cumplir esa responsabilidad. La condición puesta por Joaquín fue que ingenieros dominicanos participasen en el diseño y construcción de los equipos, esto es, que los conociesen *desde la arena* para ser capaces después de resolver cualquier problema que se pudiera presentar. Dos ingenieros dominicanos se trasladaron al Cinvestav y recorrieron todo el proceso con Remolina y cuarenta estudiantes de la Sección de Bioelectrónica. Cuenta Rogelio Pablo Hernández: “teníamos dos seminarios por semana para hacer el análisis de las

soluciones propuestas y probar el funcionamiento de lo ya construido”. Remolina, los dos dominicanos y cuatro miembros de la Sección de Bioelectrónica pusieron en marcha el sistema y probaron su correcto funcionamiento sobre el terreno.

REMOLINA PUSO AL CINVESTAV EN EL ESPACIO

En 1985, el primer astronauta mexicano, el Dr. Rodolfo Neri Vela, viaja en el *Atlantis* para atestiguar la puesta en órbita del satélite Morelos-B. El Dr. Neri realizó varios experimentos espaciales. Uno de ellos era la electroestimulación cutánea que posiblemente remediaría la disminución de la propia orientación corporal en la situación de ingravidez. Este y otros experimentos fueron previamente presentados a concurso. Sin embargo, el aparato presentado por el concursante en electropuntura fue rechazado por la NASA por varias razones. El caso es que dicho concursante acudió a varias instituciones en busca de remedio a sus falencias. La búsqueda fue infructuosa hasta que, por casualidad, se encontró con alguien que le habló de un tal Joaquín Remolina en el Cinvestav. El concursante le presentó el instrumento a Joaquín, quien pronto llegó a la conclusión de que el aparato no tenía compostura: el tamaño, los materiales y los componentes eléctricos y electrónicos eran inadecuados. Entonces, después de reflexionar cuidadosamente, Remolina aceptó hacer una versión diferente del aparato. El problema mayor era el plazo de entrega (tengo entendido que dos o tres semanas). Pero salieron adelante. La NASA les felicitó por haber hecho tan buen trabajo en tan poco tiempo. El aparato se exhibe ahora en el Museo de la Comisión Federal de Electricidad.

SUS ÚLTIMOS AÑOS

Joaquín y Bárbara se separaron en 1975, amistosamente y teniendo cuidado de no lastimar a su hijo Miguel. El mismo Miguel percibió esa preocu-

pación de sus padres. Bárbara murió el 21 de septiembre de 1999. Joaquín se unió y vivió desde 1983 hasta su muerte con Gloria Eugenia Torres, médico y experta investigadora del aparato respiratorio en la Universidad Autónoma Metropolitana. Gloria Eugenia y Joaquín llevaron su larga convivencia en armonía. Disfrutaban siendo anfitriones, cada uno a su manera. Con frecuencia reunían a un grupo de amigos en torno a su mesa. Gloria Eugenia, exuberante, hacía las delicias de los comensales con suculentos platillos acompañados con buenos caldos españoles o franceses. Joaquín, discreto, de vez en cuando soltaba un comentario gracioso y sabio al mismo tiempo. Joaquín sufrió de varias dolencias que le fueron minando. Físicamente disminuido trabajó hasta donde pudo, hasta que nos dejó recordándole. Sus cenizas fueron esparcidas por Gloria Eugenia, sus discípulos y sus amigos en el jardín que se encuentra frente a la Sección de Bioelectrónica del Cinvestav. Su obra ha sido insuficientemente valorada. Es frase común y desgastada la de que México perdió un gran hombre; en este caso se aplica, pero lo perdió mucho antes de que muriese. Diversos funcionarios e incluso colegas académicos no supieron apreciar su talento y apoyar su obra suficientemente, o quizá sí lo apreciaron y por eso no lo apoyaron. Cuando hablo del *Maese* con alguien suelo decir que es el único genio con el que me he relacionado.

Quiero dejar constancia y agradecer que muchos de los detalles incluidos en esta semblanza me fueron proporcionados por Rogelio Pablo Hernández, Lorenzo Leija, Rafael Urrutia, Miguel Remolina, María Teresa Remolina, Emilio Remolina, Gloria Eugenia Torres y Otilia Villar, esta última del Departamento de Personal del Cinvestav.